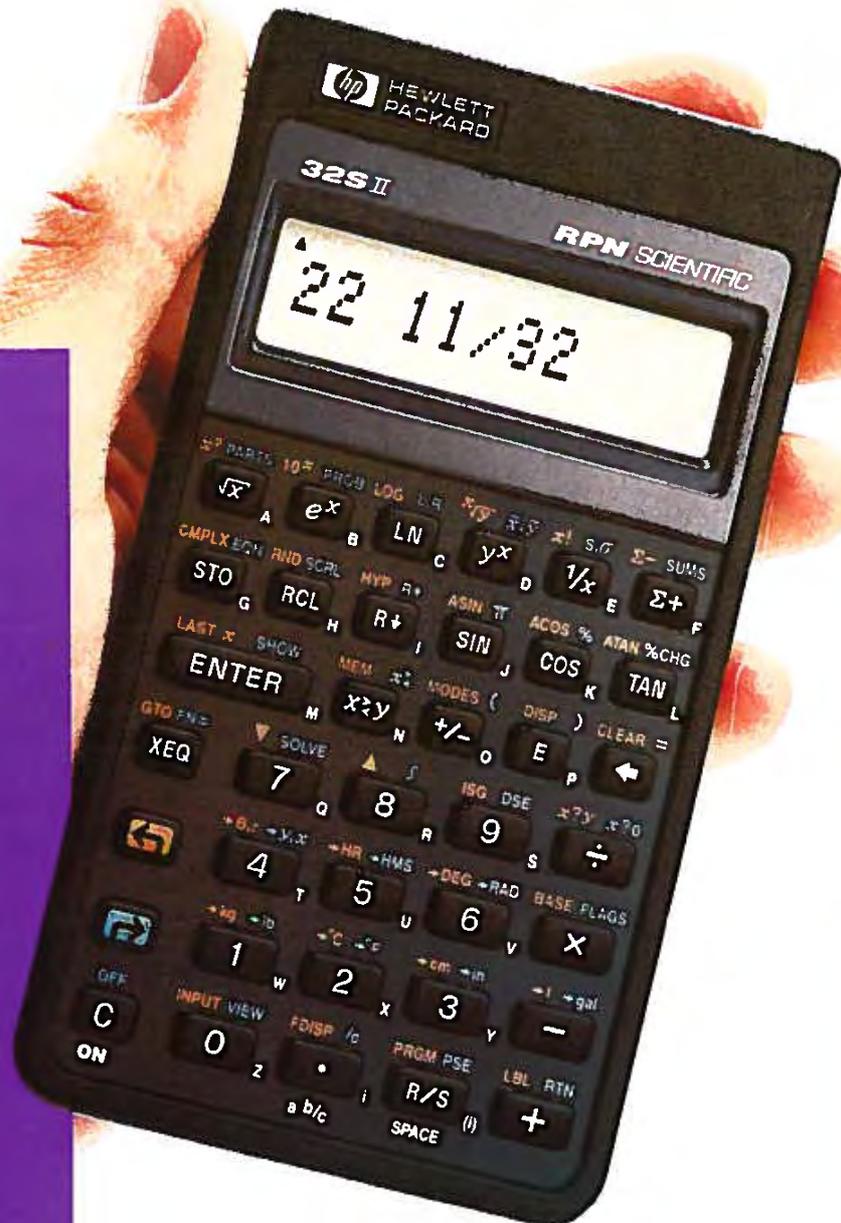


HP 32SII

Technisch-wissenschaftlicher Taschenrechner Benutzerhandbuch



Inhaltsverzeichnis

Teil 1. Grundlagen

- 1: Bedienungsgrundlagen
- 2: Der Stack
- 3: Datenspeicherung in Variablen
- 4: Reelle Funktionen
- 5: Brüche
- 6: Eingabe und Auswertung von Gleichungen
- 7: Lösen von Gleichungen
- 8: Integration von Gleichungen
- 9: Operationen mit komplexen Zahlen
- 10: Rechnen mit verschiedenen Zahlensystemen
- 11: Statistik

Teil 2. Programmierung

- 12: Einfache Programme
- 13: Programmiertechniken
- 14: Lösung und Integration programmierter Funktionen
- 15: Mathematikprogramme
- 16: Statistikprogramme
- 17: Sonstige Programme

Teil 3. Anhang und Stichwortverzeichnis

- A: Kundenunterstützung, Batterien und Service
- B: Benutzerspeicher und Stack
- C: Näheres zum Auflösen von Gleichungen
- D: Näheres zur Integration
- E: Meldungen
- F: Verzeichnis der Operationen

Stichwortverzeichnis



Teilenummer 00032-90070

Erste Auflage

Deutsch

Printed in Germany 04/91



00032-90070

HP 32SII

Technisch-wissenschaftlicher Taschenrechner

Benutzerhandbuch



**HEWLETT
PACKARD**

Teile-Nr. 00032-90070
Printed in Germany Februar 1991

Ausgabe 1

1-1
1-1
1-1
1-2
1-2
1-2
1-3
1-5
1-8
1-9
1-12
1-12
1-12
1-14
1-15
1-15
1-15
1-16
1-18
1-18
1-18
1-20
1-21
1-21
1-23
1-24
1-24
1-24
1-25

Zur Beachtung

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

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

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

Hewlett-Packard Company
Corvallis Division
1000 N.E. Circle Blvd.
Corvallis, OR 97330, U.S.A.

Inhaltsverzeichnis

Teil 1. Grundlagen

1. Bedienungsgrundlagen

Die ersten Schritte	1-1
Ein- und Ausschalten des Rechners	1-1
Einstellen des Anzeigekontrastes	1-1
Wichtige Tastenfeld- und Anzeigefunktionen	1-2
Umgeschaltete Tasten	1-2
Die Alphatasten	1-2
Korrigieren und Löschen von Zeichen	1-3
Verwenden von Menüs	1-5
Verlassen von Menüs	1-8
Indikatoren	1-9
Eintippen von Zahlen	1-12
Umkehren des Vorzeichens	1-12
Zehnerpotenzen	1-12
Einzelheiten zur Zifferneingabe	1-14
Wertebereich von Zahlen und Überlauf	1-15
Arithmetische Berechnungen	1-15
Einwertige Funktionen	1-15
Zweiwertige Funktionen	1-16
Festlegen des Anzeigeformats	1-18
Punkt und Komma in Zahlen	1-18
Anzahl der Dezimalstellen	1-18
Temporäre Anzeige mit voller Genauigkeit	1-20
Brüche	1-21
Eingabe von Brüchen	1-21
Bruchdarstellung	1-23
Meldungen	1-24
Speicherbereich des Rechners	1-24
Anzeigen des freien Speicherbereichs	1-24
Löschen des gesamten Speicherbereichs	1-25

2. Der Stack	
Was ist ein Stack?	2-1
Das X-Register	2-2
Löschen des X-Registers	2-2
Durchsehen des Stack	2-3
Austauschen der Inhalte von X- und Y-Register	2-4
Arithmetik – der Ablauf im Stack	2-5
Funktionsweise von ENTER	2-6
Funktionsweise von CLEAR X	2-7
Das LAST X-Register	2-9
Fehlerkorrektur mit LAST X	2-9
Wiederverwendung von Zahlen mit LAST X	2-11
Kettenrechnungen	2-13
Beginnen Sie mit dem Klammerausdruck	2-13
Übungsaufgaben	2-16
Reihenfolge der Rechenschritte	2-17
Übungsaufgaben	2-19
3. Datenspeicherung in Variablen	
Speichern und Zurückrufen von Zahlen	3-2
Ansehen des Variableninhalts ohne Zurückrufen in die Anzeige	3-4
Ansehen von Variablen im Katalog VAR	3-5
Löschen von Variablen	3-6
Arithmetik mit Variablen	3-7
Speicherarithmetik	3-7
Rückrufarithmetik	3-7
Austauschen des Inhaltes von X mit dem irgendeiner anderen Variablen	3-10
Die Variable "i"	3-11
4. Reelle Funktionen	
Exponential- und Logarithmusfunktionen	4-2
Potenzfunktionen	4-2
Trigonometrie	4-3
Eingeben von π	4-3
Einstellen des Winkelmodus	4-3
Trigonometrische Funktionen	4-4
Hyberbolische Funktionen	4-6
Prozentfunktionen	4-6
Konvertierungsfunktionen	4-8

Koordinatentransformationen	4-8
Konvertieren zwischen Zeitformaten	4-11
Winkelkonvertierungen	4-12
Einheitenkonvertierung	4-13
Wahrscheinlichkeitsfunktionen	4-13
Fakultät	4-13
Gamma	4-13
Wahrscheinlichkeitsfunktionen	4-14
Manipulation von Zahlen	4-16
Funktionsnamen	4-16
5. Brüche	
Eingabe von Brüchen	5-1
Brüche in der Anzeige	5-2
Anzeigeregeln	5-3
Genauigkeitsindikatoren	5-4
Längere Brüche	5-5
Änderung der Darstellung von Brüchen	5-6
Festlegen des maximalen Nenners	5-6
Auswahl eines Bruchformates	5-7
Beispiele	5-8
Runden von Brüchen	5-9
Brüche in Gleichungen	5-11
Brüche in Programmen	5-11
6. Eingabe und Auswertung von Gleichungen	
Wie Sie Gleichungen verwenden können	6-1
Zusammenfassung der Operationen	6-4
Eintragen von Gleichungen in die Gleichungsliste	6-5
Variablen in Gleichungen	6-6
Zahlen in Gleichungen	6-6
Funktionen in Gleichungen	6-6
Klammerausdrücke in Gleichungen	6-7
Anzeige und Auswahl von Gleichungen	6-8
Bearbeiten und Löschen von Gleichungen	6-10
Gleichungsarten	6-12
Auswertung von Gleichungen	6-13
Auswertung mit ENTER	6-15
Verwendung von XEQ zur Auswertung	6-16
Reaktion auf Eingabeaufforderungen	6-18
Die Gleichungssyntax	6-19

Reihenfolge der Operatoren	6-19
Gleichungsfunktionen	6-20
Syntaxfehler	6-23
Überprüfen von Gleichungen	6-24
7. Lösen von Gleichungen	
Lösen einer Gleichung	7-2
Die Arbeitsweise von SOLVE	7-8
Überprüfen des Ergebnisses	7-9
Unterbrechen einer SOLVE-Berechnung	7-10
Wählen von Anfangsnäherungen für SOLVE	7-10
Weitere Informationen	7-14
8. Integration von Gleichungen	
Anwendung der Integration (\int FN)	8-2
Genauigkeit der Integration	8-7
Angabe der Genauigkeit	8-8
Interpretation der Genauigkeit	8-8
Weitere Informationen	8-11
9. Operationen mit komplexen Zahlen	
Der komplexe Stack	9-2
Komplexe Operationen	9-3
Komplexe Zahlen in Polarnotation	9-6
10. Rechnen mit verschiedenen Zahlensystemen	
Arithmetik in verschiedenen Zahlensystemen	10-3
Darstellung von Zahlen	10-5
Negative Zahlen	10-5
Wertebereich von Zahlen	10-7
Fenster für große Dualzahlen	10-8
Anzeigen von nicht sichtbaren Teilen einer Zahl	10-9
11. Statistik	
Eingeben von Statistikdaten	11-2
Dateneingabe einer Variablen	11-2
Dateneingabe zweier Variablen	11-3
Korrektur der Dateneingabe	11-3
Ausführung von Statistikberechnungen	11-5
Mittelwert	11-5
Standardabweichung einer Stichprobe	11-7
Standardabweichung einer Grundgesamtheit	11-8

Lineare Regression	11-9
Grenzen für die Genauigkeit von Daten	11-13
Summen und Statistikregister	11-14
Summenbildung für statistische Berechnungen	11-14
Die Statistikregister im Speicherbereich	11-15
Zugriff auf die Statistikregister	11-16

Teil 2. Programmierung

12. Einfache Programme

Erzeugen eines Programms	12-3
Programm Grenzen (LBL und RTN)	12-3
Die Verwendung von UPN und Gleichungen in Programmen	12-4
Ein- und Ausgabe von Daten	12-5
Programmeingabe (PRGM)	12-6
Tasten für Löschoptionen	12-8
Funktionsnamen in Programmen	12-8
Aufrufen eines Programms	12-11
Ausführen eines Programms (XEQ)	12-11
Testen eines Programms	12-12
Eingabe und Anzeige von Daten	12-14
Verwendung von INPUT zur Dateneingabe	12-15
Benutzung von VIEW zur Anzeige von Daten	12-17
Verwendung von Gleichungen zur Anzeige von Meldungen	12-18
Anzeige von Informationen ohne Programm- unterbrechung	12-21
Anhalten oder Unterbrechen eines Programms	12-22
Programmieren eines Stopps oder einer Pause	12-22
Unterbrechen eines laufenden Programms	12-22
Fehlerbedingte Stopps	12-22
Bearbeiten eines Programms	12-23
Der Programmspeicher	12-24
Ansehen des Programmspeichers	12-24
Speicherbelegung	12-25
Programmkatalog (MEM)	12-26
Löschen eines oder mehrerer Programme	12-26
Die Prüfsumme	12-27
Nicht programmierbare Funktionen	12-28
Programmierung mit BASE (Zahlensystem)	12-28

	Festlegung einer Zahlenbasis in einem Programm . . .	12-29
	In Programmzeilen stehende Zahlen	12-29
	Polynome und Hornersches Schema	12-30
13.	Programmiertechniken	
	Routinen in Programmen	13-1
	Aufrufen von Unterprogrammen (XEQ, RTN) . . .	13-2
	Verschachtelte Unterprogramme	13-3
	Verzweigen (GTO)	13-5
	Programmierte Anweisung GTO	13-5
	Verwenden von GTO über Tastenfeld	13-6
	Bedingte Anweisungen	13-6
	Vergleichsoperationen (x?y, x?0)	13-7
	Flags	13-9
	Programmschleifen	13-17
	Bedingte Schleifen (GTO)	13-17
	Schleifen mit Zähler (DSE, ISG)	13-18
	Indirekte Adressierung von Variablen und Labeln . . .	13-21
	Die Variable "i"	13-21
	Indirekte Adresse, (i)	13-22
	Programmsteuerung mit (i)	13-23
	Gleichungen mit (i)	13-26
14.	Lösung und Integration programmierter Funktionen	
	Lösen einer programmierten Funktion	14-1
	Verwendung von SOLVE innerhalb eines Programms .	14-8
	Integration einer programmierten Funktion	14-10
	Verwendung der Integration innerhalb eines Programms	14-13
	Einschränkungen beim Lösen und Integrieren	14-14
15.	Mathematikprogramme	
	Vektoroperationen	15-1
	Lösen eines linearen Gleichungssystems	15-15
	Nullstellenbestimmung von Polynomen	15-25
	Koordinatentransformation	15-40

16. Statistikprogramme	
Kurvenanpassung	16-1
Normalverteilung und Verteilungsfunktion	16-13
Standardabweichung von diskreten Verteilungen	16-22
17. Sonstige Programme	
Annuitätenrechnung (TVM)	17-1
Primzahlgenerator	17-8

Teil 3. Anhang und Stichwortverzeichnis

A. Kundenunterstützung, Batterien und Service	
Unterstützung bei der Anwendung des Rechners	A-1
Antworten auf häufige Fragen	A-1
Umgebungsbedingungen	A-3
Auswechseln der Batterien	A-3
Testen der Rechnerfunktion	A-5
Der Selbsttest	A-6
Einjährige Gewährleistungsfrist	A-7
Gewährleistungsumfang	A-7
Gewährleistungsausschluß	A-7
Im Reparaturfall	A-8
Reparaturkosten	A-9
Versandanweisungen	A-9
Gewährleistung bei Reparaturen	A-10
Servicevereinbarungen	A-10
Sicherheitsbestimmungen	A-10
B. Benutzerspeicher und Stack	
Speicherverwaltung	B-1
Zurücksetzen des Rechners	B-4
Löschen des Speicherbereichs	B-4
Status des Stack Lift	B-6
Deaktivierende Operationen	B-6
Neutrale Operationen	B-7
Status des LAST X-Registers	B-8

C. Näheres zum Auflösen von Gleichungen	
Arbeitsweise von SOLVE	C-1
Interpretieren von Ergebnissen	C-3
Wenn SOLVE keine Nullstelle finden kann	C-11
Rundungsfehler	C-19
Underflow	C-19
D. Näheres zur Integration	
Auswertung des Integrals	D-1
Mögliche Ursachen für unkorrekte Ergebnisse	D-2
Gründe für verlängerte Rechenzeiten	D-7
E. Meldungen	
F. Verzeichnis der Operationen	
Stichwortverzeichnis	

Teil 1

Grundlagen

Bedienungsgrundlagen

Die ersten Schritte

Ein- und Ausschalten des Rechners

Drücken Sie **[C]**, um den Rechner einzuschalten. Unterhalb der Taste ist ON aufgedruckt.

Um den Rechner wieder auszuschalten, müssen Sie **[↵] [OFF]** drücken, d.h. Sie müssen zuerst die blaue Umschalttaste **[↵]** drücken, und anschließend **[C]** (OFF ist in Blau über der Taste **[C]** aufgedruckt). Da der Rechner über einen *nicht flüchtigen Datenspeicher* verfügt, bleiben Ihre Daten auch nach dem Ausschalten erhalten. (Sie können den Rechner übrigens auch durch Drücken von **[↵] [OFF]** ausschalten.)

Um den Batteriesatz zu schonen, schaltet sich der Rechner 10 Minuten nach dem letzten Tastendruck automatisch ab. Wenn der Indikator **[🔋]** in der Anzeige erscheint, sollten Sie die Batterien so bald wie möglich ersetzen. Eine Anleitung hierzu finden Sie im Anhang A.

Einstellen des Anzeigekontrastes

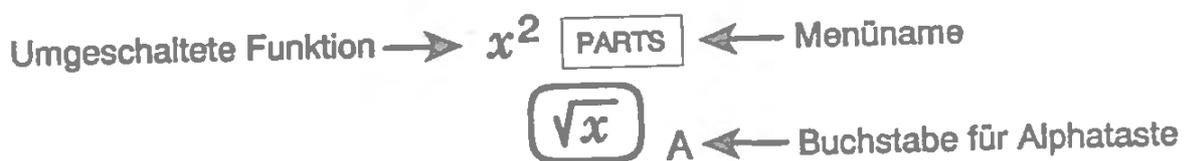
Um den Anzeigekontrast den Lichtverhältnissen anzupassen, können Sie ihn mit den Tasten **[+]** oder **[-]** verstellen, wenn Sie gleichzeitig **[C]** gedrückt halten.

Wichtige Tastenfeld- und Anzeigefunktionen

Umgeschaltete Tasten

Jede Taste hat drei Funktionen: Die direkt auf der Tastenfläche aufgedruckte Funktion sowie eine links umgeschaltete (orange) und eine rechts umgeschaltete Funktion (blau). Die umgeschalteten Funktionen sind jeweils orangefarbig bzw. blau oberhalb der Taste aufgedruckt. Drücken Sie zunächst die entsprechende Umschalttaste ( oder ) und dann die Taste mit der umgeschalteten Funktion. Um z.B. den Rechner auszuschalten, ist zuerst  zu drücken und anschließend . Das Drücken von  oder  schaltet außerdem die zugehörigen *Indikatoren*  oder  am oberen Rand des Anzeigefeldes ein, welche bis zum nächsten Tastendruck angezeigt bleiben. Um diesen Zustand aufzuheben (und den Indikator abzuschalten), drücken Sie einfach erneut dieselbe Umschalttaste.

Die Alphatasten



Neben den meisten Tasten steht noch ein Buchstabe, wie oben abgebildet. Immer wenn Sie einen Buchstaben eintippen müssen (z.B. zur Benennung einer Variablen oder eines *Labels* in einem Programm), erscheint der Indikator **A..Z** in der Anzeige, um auf die Aktivierung der Alphatasten hinzuweisen.

Die Variablen werden im Kapitel 3 behandelt, Labels im Kapitel 6.

Korrigieren und Löschen von Zeichen

Sobald Sie mit der Eingabe beginnen, müssen Sie auch wissen, wie Sie Zahlen korrigieren, die Anzeige löschen oder mit der Eingabe ganz von vorn beginnen können.

Tasten für Löschoperationen

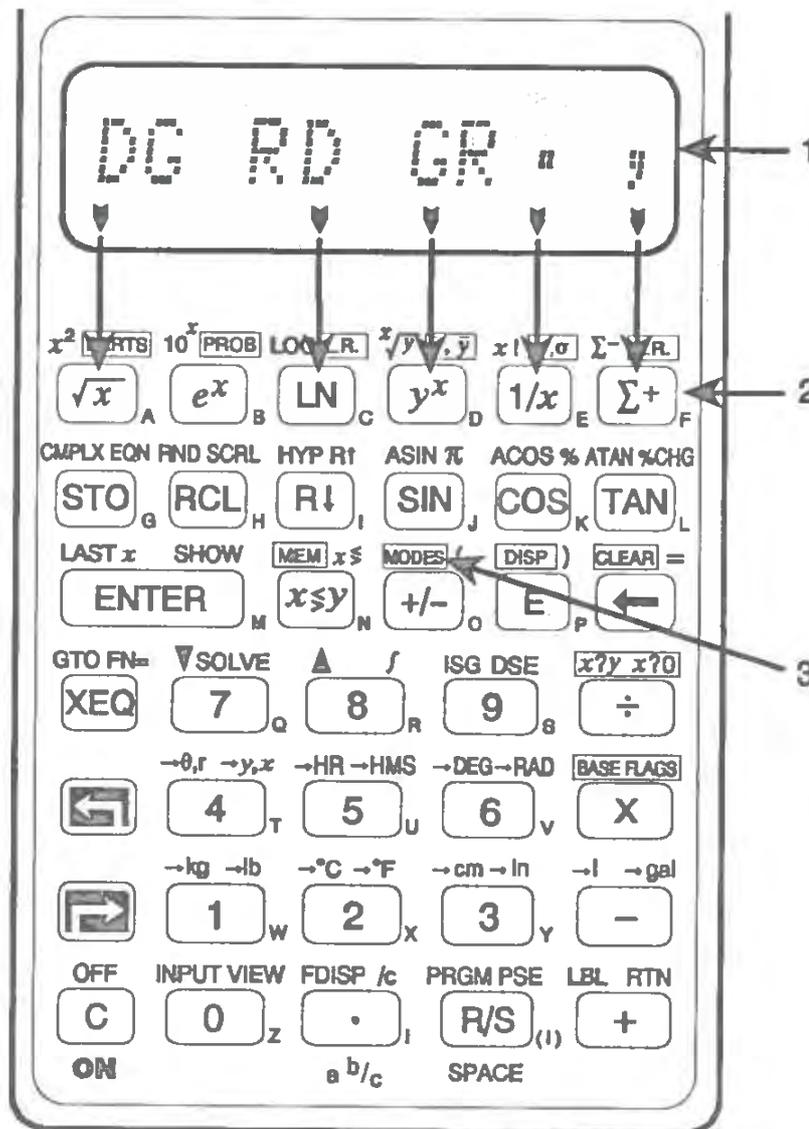
Taste	Beschreibung
<p style="text-align: center;">◀</p>	<p><i>Rückschritt</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Bei der Zahleneingabe: Die Rückschritt-Taste löscht unmittelbar das Zeichen links neben dem Cursor (“_”) oder verläßt das momentane Menü. Nach Abschluß der Zahleneingabe (kein Cursor angezeigt) löscht ◀ die <i>gesamte</i> Zahl. ■ Bei der Gleichungseingabe: Die Rückschritt-Taste löscht das Zeichen unmittelbar links neben “█” (der Darstellung des Cursors bei der Gleichungseingabe). Nach Abschluß einer <i>Zahleneingabe</i> innerhalb der Gleichung bewirkt ◀ das Löschen der ganzen Zahl. Wenn die Zahleneingabe noch nicht abgeschlossen ist, löscht ◀ das Zeichen unmittelbar links neben “_” (der Darstellung des Cursors bei der Zahleneingabe). Nach Abschluß der Zahleneingabe wechselt die Darstellung des Cursors von “_” wieder zu “█”. <p>Außerdem werden durch ◀ sowohl Fehlermeldungen als auch, während der Programmeingabe, die momentane Programmzeile gelöscht.</p>
<p style="text-align: center;">C</p>	<p><i>Löschen oder Aufheben</i></p> <p>Bewirkt das Löschen der angezeigten Zahl oder das <i>Aufheben</i> der momentanen Situation (z.B. ein Menü, eine Meldung, eine Eingabeaufforderung, ein Katalog oder Gleichungseingabe- bzw. Programmeingabe-Modus).</p>

Tasten für Löschoptionen (Fortsetzung)

Taste	Beschreibung
	<p><i>Das CLEAR-Menü ({x} {VARS} {ALL} {Σ})</i></p> <p>Bietet Ihnen die Möglichkeiten des Löschens von x, (der Zahl im X-Register), aller Variablen, des gesamten Speicherinhalts und aller statistischen Daten.</p> <p>Wenn Sie die Option {ALL} ausgewählt haben, fordert Sie der Rechner mit der Anzeige (CLR ALL? {Y} {N}) zur Sicherheit zur nochmaligen Bestätigung der Eingabe auf, bevor der gesamte Speicherinhalt gelöscht wird.</p> <p>Während der Programmeingabe erscheint anstelle von {ALL} in der Anzeige {FGM}. Wenn Sie die Option {FGM} ausgewählt haben, fordert Sie der Rechner ebenfalls mit der Anzeige (CL FGMS? {Y} {N}) zur Bestätigung der Eingabe auf, bevor alle Ihre Programme gelöscht werden.</p> <p>Während der Gleichungseingabe (sowohl in Programmzeilen, als auch im normalen Betriebszustand) fordert Sie der Rechner wieder durch die Anzeige CLR EQN? {Y} {N} zur Bestätigung der Eingabe auf, bevor die Gleichung gelöscht wird.</p> <p>Wenn Sie eine bereits komplett eingegebene Gleichung in der Anzeige haben und dann die Löschfunktion aufrufen, wird die Gleichung ohne Nachfrage (Bestätigung) gelöscht.</p>

Verwenden von Menüs

Der HP 32SII enthält noch viel mehr Funktionen, als aus dem Tastenfeld ersichtlich ist. Dies beruht darauf, daß Sie mit 12 der Tasten Menüs aufrufen können. Diese Tasten sind daran erkennbar, daß der farbige Aufdruck einer oder beider zugehörigen Umschaltfunktionen dunkel unterlegt ist. Insgesamt gibt es 14 Menüs, die eine Vielzahl zusätzlicher Funktionen oder Optionen bieten. Wenn Sie eine dieser Tasten drücken, dann holen Sie ein *Menü* in die Anzeige – Sie erhalten dadurch mehrere Optionen zur weiteren Vorgehensweise.



1. Menüfelder
2. Tasten zur Auswahl von Menüfeldern
3. Tasten zum Aufruf von Menüs

HP 32SII Menüs

Name	Beschreibung	Kapitel
	Numerische Funktionen	
PARTS	IP FP ABS Funktionen, die Zahlen ändern: ganzzahliger Teil, Nachkommateil und Absolutbetrag.	4
PROB	Cn,r Pn,r SD R Wahrscheinlichkeitsfunktionen: Kombinationen, Verknüpfungen, Startwert und Zufallszahl.	4
L.R.	\hat{x} \hat{y} r m b Lineare Regression: Kurvenanpassung und lineare Abschätzung.	11
\bar{x}, \bar{y}	\bar{x} \bar{y} \bar{x}_w Arithmetisches Mittel der statistischen x - und y -Werte; gewichtetes statistisches Mittel der x -Werte.	11
s, σ	s_x s_y σ_x σ_y Standardabweichung einer Stichprobe, Standardabweichung einer Grundgesamtheit.	11
SUMS	n x y x ² y ² xy Summationen statistischer Daten.	11
BASE	DEC HEX OC BN Konvertierungen zwischen Zahlensystemen (Dezimal-, Hexadezimal-, Oktal- und Dualsystem).	11
	Programmanweisungen	
FLAGS	SF CF FS? Funktionen zum Setzen, Rücksetzen (Löschen) und Abfragen von Flags.	13
$x?y$	\neq \leq $<$ $>$ \geq $=$ Vergleich der Werte des X- und des Y-Registers.	13
$x?0$	\neq \leq $<$ $>$ \geq $=$ Vergleich des Wertes des X-Registers mit Null.	13

HP 32SII Menüs (Fortsetzung)

Name	Beschreibung	Kapitel
	Sonstige Funktionen	
MEM	nnn.n VAR PGM Speicherstatus (verfügbarer Speicherplatz in Byte); Kataloge für Variablen und für Programme (Programmlabels).	1, 3, 12
MODES	DG RD GR . , Winkelmodi und Dezimalzeichen.	4, 1
DISP	FX SC EN ALL Anzeigeformate Festkomma, wissenschaftlich, technisch und ALL.	1
CLEAR	Funktionen zum Löschen verschiedener Speicherbereiche – vergleichen Sie dazu die Funktion der Tastenkombination   in der Tabelle auf Seite 1-4.	1, 3, 6, 12

Im folgenden Beispiel wird Ihnen die Verwendung einer Menüfunktion gezeigt:

Beispiel:

Wieviele Permutationen (n) gibt es für das 4malige (r) Ziehen ohne Zurücklegen aus einer Menge mit 28 Elementen?

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
28  4	4_	Zeigt r an.
 	$C_{n,r}$ $P_{n,r}$ SD R	Zeigt die Wahrscheinlichkeitsfunktionen an.
$\{P_{n,r}\}$ ()	491.400,0000	Zeigt das Resultat an.

Wiederholen Sie die Berechnung für 2-maliges Ziehen ohne Zurücklegen (Ergebnis = 756).

Auf diese Weise helfen Ihnen Menüs bei der Ausführung mehrerer Funktionen – Sie werden mit Hilfe der Wahlmöglichkeiten zu den Funktionen “geführt” und müssen sich nicht sämtliche verfügbaren Funktionsnamen einprägen oder das Tastenfeld nach der benötigten Funktion absuchen.

Verlassen von Menüs

Nach jeder Ausführung einer Funktion über ein Menü wird das jeweilige Menü automatisch aufgehoben. Wenn Sie ein Menü verlassen wollen, *ohne* eine Funktion auszuführen, so haben Sie drei Möglichkeiten:

- Durch Drücken der Taste  verlassen Sie das 2stufige CLEAR- oder MEM-Menü Stufe für Stufe. Vergleichen Sie dazu die Funktion der Tastenkombination  **CLEAR** in der Tabelle auf Seite 1-4.
- Jedes andere Menü verlassen Sie durch Drücken von  oder .

Tastenfolge:

Anzeige:

123

123_

 **PROB**

Cn,r Pn,r SD R

 oder 

123,0000

- Durch Drücken einer anderen Menütaste ersetzen Sie das alte Menü durch das neue.

Tastenfolge:

Anzeige:

123

123_

 **PROB**

Cn,r Pn,r SD R

 **CLEAR**

× VARS ALL Σ



123,0000

Indikatoren

Die Symbole entlang des oberen und unteren Randes des Anzeigefeldes, dargestellt im folgenden Bild, werden *Indikatoren* genannt. Jeder von ihnen hat eine bestimmte Bedeutung.



HP 32SII Indikatoren

Indikator	Bedeutung	Kapitel
	Obere Zeile:	
▼▲	Die Tasten   und   sind aktiviert um eine Liste durchzublättern. Wenn Sie sich im Bruchdarstellungs-Modus befinden (Tasten  FDISP), wird nur eine der beiden Hälften “▼” oder “▲” des Indikators “▼▲” in der Anzeige erscheinen, um darauf hinzuweisen, ob der angezeigte Zähler geringfügig kleiner oder größer als sein <i>exakter</i> Wert ist. Wenn keiner der beiden Indikatoren angezeigt wird, dann steht in der Anzeige der <i>exakte</i> Wert des Bruches.	1, 6 5
	Linke Umschalttaste wurde gedrückt.	1
	Rechte Umschalttaste wurde gedrückt.	1
PRGM	Programmeingabe-Modus ist aktiviert.	12
EQN	Gleichungseingabe-Modus ist aktiviert, oder der Rechner wertet einen Ausdruck aus oder löst eine Gleichung.	6
0 1 2 3	Zeigt an, welche Flags gesetzt sind (die Flags 4 bis 11 haben keinen Indikator).	13
RAD od. GRAD	Bogenmaß (Radiant) oder Gon (Neugrad) ist als Winkelmodus gesetzt; der Modus Grad wird nicht extra angezeigt (Grundeinstellung).	4
HEX OCT BIN	Zeigt an, in welchem Zahlensystem gerechnet wird. Das Dezimalsystem (Grundeinstellung) wird nicht extra angezeigt.	10

HP 32SII Indikatoren (Fortsetzung)

Indikator	Bedeutung	Kapitel
	<p style="text-align: center;">Untere Zeile:</p> <p>Der obersten Tastenreihe im Tastenfeld wurden neue Funktionen zugeordnet, entsprechend den Menüfeldern über den Menüzeigern.</p>	1
←, →	<p>Der linke oder rechte Rand der Anzeige wird überschritten. Benutzen Sie  (SHOW), um sich den Rest einer Dezimalzahl anzuzeigen; benutzen Sie die Verschiebetasten (, ), um eine Gleichung oder Binärzahl nach links oder rechts zu verschieben und so den Rest anzusehen.</p> <p>Diese beiden Indikatoren können gleichzeitig angezeigt werden, dies bedeutet dann, daß die Zeichen die Anzeige nach links <i>und</i> rechts überschreiten. Drücken Sie eine der angezeigten Menütasten ( oder ), um die vorausgehenden oder die nachfolgenden Zeichen anzuzeigen.</p>	1, 6
A..Z	Die Alphatasten sind aktiviert.	3
	Achtung! Weist auf einen besonderen Zustand oder einen Fehler hin.	1
	Schwache Batterien.	A

Eintippen von Zahlen

Sie können bis zu 12-stellige Zahlen mit einem Exponenten bis zu ± 499 eintippen. Wenn Sie versuchen, eine größere Zahl einzutippen, wird die Zifferneingabe abgebrochen, und der Indikator \blacktriangle erscheint kurzzeitig.

Wenn Ihnen während der Zahleneingabe ein Tippfehler unterläuft, dann können Sie mit $\left[\leftarrow \right]$ die letzte Ziffer oder mit $\left[\text{C} \right]$ die ganze Zahl löschen.

Umkehren des Vorzeichens

Die Taste $\left[+/- \right]$ ändert das Vorzeichen einer Zahl.

- Um eine negative Zahl einzugeben, tippen Sie zuerst die Zahl selbst ein und drücken dann $\left[+/- \right]$.
- Um das Vorzeichen einer bereits eingegebenen Zahl zu ändern, drücken Sie einfach $\left[+/- \right]$. (Wenn die Zahl einen Exponenten hat, so wirkt $\left[+/- \right]$ nur auf die *Mantisse*).

Zehnerpotenzen

Angezeigte Exponenten

Zahlen mit Zehnerpotenzen (wie z.B. $4,2 \times 10^{-5}$) werden mit einem **E** angezeigt, welches dem Exponenten vorangestellt ist (wie z.B. $4,2000\text{E}^{-5}$).

Eine Zahl, deren Betrag zu groß oder zu klein für das Anzeigeformat ist, wird automatisch in exponentieller Form angezeigt.

Beachten Sie z.B. nachstehende Tastenfolge, bei der das Anzeigeformat **FIX 4** eingestellt ist:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
0,000062	0,000062_	Zeigt die eingetippte Zahl an.
ENTER	0,0001	Rundet die Zahl entsprechend dem Anzeigeformat.
0,000042 ENTER	4,2000E-5	Verwendet automatisch die wissenschaftliche Notation, da ansonsten keine signifikanten Stellen in der Anzeige erscheinen würden.

Eintippen von Zehnerpotenzen

Verwenden Sie **E** (*Exponent*), um Zahlen einzugeben, welche mit einer Zehnerpotenz zu multiplizieren sind.

Betrachten Sie z.B. das Plancksche Wirkungsquantum $6,6262 \times 10^{-34}$:

1. Tippen Sie die *Mantisse* ein. Wenn sie negativ wäre, dann müßten Sie *nach* Eingabe der Ziffern **+/-** drücken.

Tastenfolge:	Anzeige:
6,6262	6,6262_

2. Drücken Sie **E**. Beachten Sie, daß der Cursor hinter das **E** verschoben wird:

E	6,6262E_
----------	----------

3. Tippen Sie den Exponenten ein (größter darstellbarer Exponent ist ± 499). Ist dieser negativ, so drücken Sie **+/-**, *nachdem* Sie **E** oder den Wert des Exponenten eingetippt haben:

34 +/-	6,6262E-34_
---------------	-------------

Bei Zehnerpotenzen ohne Mantisse, z.B. 10^{34} , drücken Sie einfach **E**
34. Der Rechner zeigt daraufhin 1E34 an.

Weitere Potenzfunktionen

Drücken Sie $\left[\leftarrow \right] \left[10^x \right]$, um einen Exponenten von 10 zu berechnen (Umkehrfunktion des Logarithmus zur Basis 10). Um eine *beliebige* Basis mit einem beliebigen Exponenten zu potenzieren, ist $\left[y^x \right]$ zu verwenden (siehe Kapitel 4).

Einzelheiten zur Zifferneingabe

Beim Eintippen einer Zahl ist der Cursor (–) in der Anzeige sichtbar. Der Cursor zeigt Ihnen, an welcher Stelle die nächste Ziffer erscheint und zeigt damit auch an, daß die Zahl noch nicht vollständig ist.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
123	123_	Die Zifferneingabe ist noch nicht abgeschlossen – die Zahl ist noch nicht vollständig eingetippt.

Wenn Sie zur Berechnung eines *Ergebnisses* eine *Funktion ausführen*, dann verschwindet der Cursor, da die Zahl vollständig eingegeben ist – die Zifferneingabe wurde abgeschlossen.

$\left[\sqrt{x} \right]$	11,0905	Zifferneingabe ist abgeschlossen.
---------------------------	---------	-----------------------------------

Drücken von $\left[\text{ENTER} \right]$ schließt die Zifferneingabe ab. Um zwei aufeinanderfolgende Zahlen von einander zu trennen, geben Sie die erste Zahl ein, drücken $\left[\text{ENTER} \right]$, um die Zifferneingabe abzuschließen und dann tippen Sie die zweite Zahl ein.

123 $\left[\text{ENTER} \right]$	123,0000	Vollständige Zahl.
4 $\left[+ \right]$	127,0000	Eine weitere vollständige Zahl.

Ist die Zifferneingabe *noch nicht* abgeschlossen (der Cursor ist noch sichtbar), dann können Sie mit $\left[\leftarrow \right]$ das letzte Zeichen löschen. Wurde die Zifferneingabe *bereits beendet* (kein Cursor sichtbar), so wirkt $\left[\leftarrow \right]$ wie $\left[C \right]$ und löscht die ganze Zahl. Probieren Sie es aus!

Wertebereich von Zahlen und Überlauf

Die kleinste im Rechner speicherbare Zahl ist 1×10^{-499} . Die größte im Rechner darstellbare Zahl ist $9,99999999999 \times 10^{499}$ (angezeigt als 1,00000E500, aufgrund des Rundungseffekts).

- Überschreitet eine Berechnung die größtmögliche Zahl, so wird stattdessen $9,99999999999 \times 10^{499}$ vorgegeben, und als Hinweis erscheint die Meldung OVERFLOW (Überlauf).
- Führt eine Berechnung zu einem Ergebnis, welches kleiner als die kleinstmögliche Zahl ist, so wird stattdessen Null vorgegeben. Eine Meldung wird nicht angezeigt.

Arithmetische Berechnungen

Es müssen alle Operanden eingegeben sein, *bevor* Sie die Funktionstaste drücken. (Wenn Sie eine Funktionstaste drücken, führt der Rechner unmittelbar danach die entsprechende Funktion aus.)

Alle Rechenschritte lassen sich vereinfacht in einwertige und zweiwertige Funktionen einteilen.

Einwertige Funktionen

Um eine einwertige Funktion (wie z.B. $1/x$, \sqrt{x} , $\leftarrow x^2$ oder $+/-$) zu verwenden, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie die Zahl ein. (Sie müssen nicht **ENTER** drücken.)
2. Drücken Sie die Funktionstaste. (Bei *umgeschalteten* Funktionen ist zuerst die entsprechende Umschalttaste \leftarrow oder \rightarrow zu drücken.)

Berechnen Sie z.B. $1/32$ und $\sqrt{148,84}$. Quadrieren sie danach das letzte Ergebnis und wechseln Sie das Vorzeichen.

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
32	32_	Operand.
$\boxed{1/x}$	0,0313	Kehrwert von 32.
148,84 $\boxed{\sqrt{x}}$	12,2000	Quadratwurzel von 148,84.
$\boxed{\leftarrow}$ $\boxed{x^2}$	148,8400	Quadrat von 12,2.
$\boxed{+/-}$	-148,8400	Negation von 148,8400.

Die einwertigen Funktionen schließen auch die trigonometrischen, die logarithmischen und die hyperbolischen Funktionen sowie die Funktionen für Teile von Zahlen mit ein (alle im Kapitel 4 beschrieben).

Zweiwertige Funktionen

Um eine zweiwertige Funktion (wie z.B. $\boxed{+}$, $\boxed{-}$, $\boxed{\times}$, $\boxed{\div}$, $\boxed{y^x}$ oder $\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\%CHG}$) auszuführen, ist folgendermaßen vorzugehen:

1. Tippen Sie die erste Zahl ein.
2. Drücken Sie \boxed{ENTER} zur Trennung der ersten Zahl von der zweiten.
3. Tippen Sie die zweite Zahl ein. (Drücken Sie *nicht* \boxed{ENTER} .)
4. Drücken Sie die Funktionstaste. (Bei einer umgeschalteten Funktion ist zuerst die entsprechende Umschalttaste zu drücken.)

Hinweis



Geben Sie *beide* Zahlen ein (getrennt durch die Taste \boxed{ENTER}), *bevor* Sie eine Funktionstaste drücken.

Ein Beispiel:

Aufgabe:	Tastenfolge:	Anzeige:
$12 + 3$	12 ENTER 3 +	15,0000
$12 - 3$	12 ENTER 3 -	9,0000
12×3	12 ENTER 3 x	36,0000
12^3	12 ENTER 3 y^x	1,728,0000
Abnahme von 8 auf 5 in Prozent	8 ENTER 5 ↷ %CHG	-37,5000

Die Reihenfolge der Eingabe ist nur bei *nicht* kommutativen Funktionen wichtig, wie zum Beispiel **-**, **÷**, **y^x** oder **↷** **%CHG**. Wenn Sie Zahlen in der falschen Reihenfolge eingegeben haben, können Sie immer noch das richtige Ergebnis erhalten (ohne sie neu eingeben zu müssen): Sie können durch Drücken von **x↔y** die Reihenfolge der Zahlen im Stack vertauschen. Drücken Sie danach die gewünschte Funktionstaste. (Dies wird Ihnen genauer im Kapitel 2, Abschnitt "Vertauschen der X- und Y-Register im Stack." erklärt)

Festlegen des Anzeigeformats

Punkt und Komma in Zahlen

Um das Dezimalzeichen (radix mark) mit dem Trennzeichen für Zifferngruppen in angezeigten Zahlen auszutauschen:

1. Drücken Sie  **MODES** zur Anzeige des Menüs MODES.
2. Geben Sie das Dezimalzeichen (radix mark) durch Drücken von {,} oder {,} an.
Zum Beispiel kann eine Million wie folgt dargestellt werden:
 - 1.000.000,0000 nach Drücken von {,} oder
 - 1,000,000.0000 nach Drücken von {,}.

Anzahl der Dezimalstellen

Alle Zahlen werden mit einer 12-stelligen Genauigkeit *gespeichert*, Sie können jedoch die Anzahl der *anzuweisenden* Dezimalstellen durch Drücken von  **DISP** verändern. Während einiger komplexer interner Berechnungen benutzt der Rechner für die Zwischenergebnisse eine 15-stellige Genauigkeit. Die anzuweisende Zahl wird dabei entsprechend dem Anzeigeformat *gerundet*. Im DISP-Menü haben Sie vier Optionen:

FX SC EN ALL

Festkommaformat ({FX})

Im Format FIX werden Zahlen mit bis zu 11 Dezimalstellen (wenn passend) angezeigt (11 Stellen *rechts* vom Dezimalzeichen). Auf die Eingabeaufforderung **FIX _** ist die Anzahl der anzuweisenden Dezimalstellen einzugeben; für 10 oder 11 Stellen ist  0 oder  1 zu drücken. Bei der Zahl 123.456,7089 zum Beispiel, werden die Dezimalstellen "7," "0," "8," und "9" angezeigt, wenn Sie den Rechner in den FIX-4-Anzeigemodus geschaltet haben. Jede Zahl, welche zu groß oder zu klein ist, um im momentan gültigen Format angezeigt werden zu können, wird automatisch im wissenschaftlichen Format angezeigt.

Wissenschaftliches Anzeigeformat ({SCI})

Im Format SCI wird eine Zahl in wissenschaftlicher Notation angezeigt (eine Vorkommastelle und bis zu 11 Nachkommastellen sowie 3-stelliger Exponent). Nach der Eingabeaufforderung SCI _ ist die Anzahl der Dezimalstellen einzutippen; für 10 oder 11 Stellen ist $\odot 0$ oder $\odot 1$ zu drücken. (der ganzzahlige Teil der Zahl ist immer kleiner als 10.)

Bei der Zahl 1,2346E5 zum Beispiel, werden im Anzeigeformat SCI 4 die Dezimalstellen "2", "3", "4" und "6" angezeigt. Die "5" nach dem "E" ist die Zehnerpotenz, mit welcher die Zahl multipliziert wird: $1,2346 \times 10^5$.

Technisches Anzeigeformat ({ENG})

Im Format ENG werden Zahlen ähnlich zum wissenschaftlichen Format angezeigt, wobei der Exponent jedoch ein Vielfaches von 3 ist (es können bis zu drei Stellen vor dem radix mark "." oder "," sein). Dieses Format ist sehr sinnvoll bei wissenschaftlichen oder technischen Berechnungen, welche Einheiten mit Vorsätzen wie z.B. Mikro, Milli oder Kilo verwenden. Tippen Sie nach der Eingabeaufforderung ENG _ die Anzahl der anzuzeigenden Stellen *nach* der ersten signifikanten Stelle ein. Für 10 oder 11 Stellen ist $\odot 0$ oder $\odot 1$ einzutippen. (Der Vorkommateil ist immer kleiner als 1.000.)

Bei der Zahl 123,46E3 zum Beispiel, sind "2", "3", "4" und "6" die signifikanten Stellen hinter der ersten signifikanten Stelle, die im Anzeigemodus ENG 4 angezeigt wird. Die "3" nach dem "E" ist die Zehnerpotenz, mit der die Zahl multipliziert wird: $123,46 \times 10^3$.

ALL-Format ({ALL})

Im Format ALL wird eine Zahl so genau wie möglich angezeigt (max. 12 Stellen). Passen nicht alle Stellen in die Anzeige, so wird automatisch das wissenschaftliche Anzeigeformat verwendet.

Temporäre Anzeige mit voller Genauigkeit

Die Festlegung des Anzeigeformats (die anzuzeigenden Dezimalstellen) wirkt sich nur auf die Zahl in der Anzeige aus, die interne Darstellung der Zahl bleibt unverändert; die Zahl wird intern immer mit 12 Stellen gespeichert. Bei der Zahl 14,8745632019 zum Beispiel wird im Anzeigemodus FIX 4 nur "14,8746" angezeigt, aber die letzten sechs Stellen ("632019") sind intern noch vorhanden. Um temporär eine Zahl mit größtmöglicher Genauigkeit anzuzeigen, ist **▶ SHOW** zu drücken. Es wird nur die *Mantisse* (nicht der Exponent) einer Zahl angezeigt, während Sie **SHOW** gedrückt halten.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
◀ DISP {FX} 4		Legt 4 Dezimalstellen fest.
45 ENTER 1,3 ×	58,5000	Zeigt 4 Dezimalstellen an.
◀ DISP {SC} 2	5,85E1	Wissenschaftliches Format: 2 Dezimalstellen und Exponent.
◀ DISP {EN} 2	58,5E0	Technisches Format.
◀ DISP {ALL}	58,5	Anzeige aller signifikanten Stellen. Nachfolgende Nullen entfallen.
◀ DISP {FX} 4	58,5000	4 Dezimalstellen, kein Exponent
1/x	0,0171	Kehrwert von 58,5.
▶ SHOW (gedrückt halten)	170940170940	Zeigt volle Genauigkeit an, bis Sie SHOW wieder loslassen.

Brüche

Der HP 32SII ermöglicht Ihnen die Eingabe und Anzeige von Brüchen sowie mathematische Operationen mit denselben. Brüche sind *reelle* Zahlen der Form

$$a \ b/c$$

wobei a , b und c ganze Zahlen sind. Dabei gilt $0 \leq b \leq c$, und der Nenner (c) muß im Bereich von 2 bis 4095 liegen.

Eingabe von Brüchen

Brüche können jederzeit in den Stack eingegeben werden:

1. Geben Sie den ganzzahligen Teil ein und drücken Sie danach \odot . (Das erste Drücken von \odot trennt den ganzzahligen Teil der Zahl von dem Bruch.)
2. Danach geben Sie den Zähler des Bruches ein und drücken wieder \odot . Das zweite Drücken von \odot trennt den Zähler vom Nenner.
3. Geben Sie den Nenner ein und drücken Sie danach **ENTER** oder eine Funktionstaste, um die Zifferneingabe zu beenden. Die Zahl oder das Ergebnis wird gemäß dem momentanen Anzeigeformat dargestellt.

Das Symbol $a \ b/c$ unter der Taste \odot soll Sie daran erinnern, daß die Taste \odot bei der Brucheingabe zweimal benutzt wird.

Wenn Sie zum Beispiel den Bruch $12^3/8$, eingeben wollen, müssen Sie die folgenden Tasten drücken:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
12	12_	Eingabe des ganzzahligen Teils der Zahl.
\odot	12, _	Die Taste \odot wird wie üblich interpretiert.
3	12,3_	Eingabe des Zählers des Bruches (die Zahl wird immer noch als Dezimalzahl dargestellt).
\odot	12 3/_	Der Rechner schaltet mit dem zweiten Betätigen von \odot in die Bruchdarstellung um und trennt Zähler und Nenner mit dem Bruchstrich.
8	12 3/8_	Fügt dem Bruch den Nenner hinzu.
ENTER	12,3750	Beendet die Zifferneingabe; zeigt die Zahl im momentanen Anzeigeformat.

Wenn Sie eine Zahl ohne ganzzahligen Teil eingeben wollen (wie zum Beispiel $^3/8$), dann lassen Sie einfach die Eingabe des ganzzahligen Teils weg, die restliche Tastenfolge bleibt gleich:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\odot 3 \odot 8	0 3/8_	Ganzzahliger Teil wird weggelassen. (die Tastenfolge 3 \odot \odot 8 bewirkt dasselbe.)
ENTER	0,3750	Beendet die Eingabe; Anzeige der Zahl im momentanen Anzeigeformat (FIX 4).

Bruchdarstellung

Drücken Sie die Tasten  **FDISP**, um von der Dezimaldarstellung in die Bruchdarstellung zu schalten.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
12  3  8	12 3/8_	Zeigt die Zeichen so an, wie Sie sie eingegeben haben.
	12,3750	Beendet die Eingabe; Anzeige der Zahl im momentanen Anzeigeformat.
 FDISP	12 3/8	Anzeige der Zahl als Bruch.

Addieren Sie nun $\frac{3}{4}$ zu der Zahl im X-Register ($12\frac{3}{8}$):

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
 3  4	0 3/4_	Zeigt die Zeichen an, so wie Sie sie eingegeben haben.
	13 1/8	Addiert die Zahlen im X- und Y-Register; Anzeige des Ergebnisses als Bruch.
 FDISP	13,1250	Schaltet um zur momentanen Dezimaldarstellung.

Im Kapitel 5, "Brüche," finden Sie weitere Informationen.

Meldungen

In bestimmten Situationen gibt der Rechner eine Meldung aus. Das Symbol \blacktriangle wird angezeigt, um Sie auf die Meldung aufmerksam zu machen.

- Um eine Meldung zu löschen, drücken Sie die Taste C oder D .
- Um eine Meldung zu löschen *und* zugleich eine andere Funktion auszuführen drücken Sie eine beliebige Taste.

Wenn das Symbol \blacktriangle ohne gleichzeitige Meldung erscheint, dann haben Sie eine *inaktive* Taste betätigt (eine Taste, die in der momentanen Situation keine Funktion hat, wie zum Beispiel 3 im binären Zahlensystem).

Alle auftretenden Meldungen werden im Anhang E, "Meldungen" erläutert.

Speicherbereich des Rechners

Der HP 32SII hat einen Speicherbereich von 384 Byte, in dem Sie jede Art von Daten (Variablen, Gleichungen oder Programmzeilen) abspeichern können. Die Anforderungen an den Speicher bei bestimmten Betriebsarten werden Ihnen unter der Überschrift "Verwaltung des Arbeitsspeichers" im Anhang B erläutert.

Anzeigen des freien Speicherbereichs

Wenn Sie die Tasten \leftarrow MEM betätigen, wird das folgende Menü angezeigt:

216,0 VAR PGM

wobei die Zahl 216,0 die verfügbaren Byte im Speicher angibt.

Wenn Sie die Menütaste {VAR} drücken, wird der Variablenkatalog aufgerufen (wird im Abschnitt "Ansehen der Variablen im VAR-Katalog" im Kapitel 3 beschrieben). Wenn Sie die Menütaste {PGM} drücken, wird der Programmkatalog aufgerufen.

1. Drücken Sie {VAR}, um den Variablenkatalog aufzurufen bzw. anzuzeigen; drücken Sie {PGM} zur Anzeige des Programmkatalogs.
2. Drücken Sie   oder  , um die Kataloge durchzublätern.
3. Um eine Variable oder ein Programm zu löschen, ist  **CLEAR** zu drücken, während die Variable/das Programm im Katalog angezeigt wird.
4. Drücken Sie **C**, um den Katalog zu verlassen.

Löschen des gesamten Speicherbereichs

Das *Löschen* des gesamten Speichers entfernt alle Zahlen, Gleichungen und Programme, die im Speicher stehen. Die Modus- und Format-Einstellungen sind davon nicht betroffen. (Wenn Sie sowohl die Einstellungen als auch die Daten löschen wollen, sehen Sie bitte unter "Löschen des Speichers" im Anhang B nach.

Löschen des gesamten Speicherbereichs:

1. Drücken Sie die Tasten  **CLEAR** {ALL}. Nun erscheint die Bestätigungsaufforderung CLR ALL? {Y} {N}, welche Sie vor dem unbeabsichtigten Löschen des Speichers bewahren soll.
2. Wenn Sie wirklich alles löschen wollen, drücken Sie {Y} (*yes* bzw. *ja*).

Der Stack

Dieses Kapitel erläutert den Ablauf der Berechnungen im Stack. Sie müssen dieses Kapitel nicht durchgelesen haben, um mit dem Rechner arbeiten zu können. Wenn Sie den Stoff jedoch verstanden haben, werden Sie wesentlich breitere Anwendungsmöglichkeiten für Ihren Rechner sehen, vor allem im Hinblick auf die Programmierung.

In Teil 2, "Programmierung", werden Sie erkennen, wie hilfreich der Stack insbesondere bei der Manipulation und Organisation von Daten ist.

Was ist ein Stack?

Automatisches Speichern von Zwischenergebnissen ist der Hauptgrund dafür, daß der HP 32SII die meisten komplizierten Berechnungen auf einfache Weise und ohne Verwendung von Klammern ausführen kann. Der Schlüssel hierfür ist der *automatische UPN-Speicherstack*.

HP's Operationslogik basiert auf einem mathematischen System, das unter der Bezeichnung "Polnische Notation" bekannt ist und von dem polnischen Logiker Jan Lukasiewicz (1878 – 1956) entwickelt wurde.

Die herkömmliche mathematische Notation setzt die algebraischen Operatoren *zwischen* die betroffenen Zahlen oder Variablen, während Lukasiewicz's Notation die Operatoren *vor* die Zahlen oder Variablen stellt. Für optimale Ausnutzung beim Gebrauch des Stacks wurde die Notation von HP so modifiziert, daß die Angabe der Operatoren *nach* der Angabe der Variablen erfolgt. Daher der Name *umgekehrte Polnische Notation*, oder UPN.

Der Stack besteht aus vier als *Register* bezeichneten Speicherplätzen, welche übereinander "gestapelt" sind; sie stellen den Arbeitsbereich für Berechnungen dar und sind mit den Buchstaben X, Y, Z und T

gekennzeichnet. Der älteste Zahlenwert befindet sich dabei immer im T- (*top*) Register.

T	0,0000	"Älteste" Zahl
Z	0,0000	
Y	0,0000	
X	0,0000	Angezeigt

Die "neueste" Zahl befindet sich im X-Register: *Dies ist der angezeigte Zahlenwert.*

Beim Programmieren wird der Stack zur Ausführung von Berechnungen, temporärer Speicherung von Zwischenergebnissen, Weitergabe von Variablen zwischen Programmen und Ein-/Ausgabeoperationen verwendet.

Das X-Register

Der aktuelle Inhalt des X-Registers steht immer in der Anzeige, *außer* wenn ein Menü, eine Meldung oder eine Programmzeile angezeigt wird. Vielleicht haben Sie bemerkt, daß mehrere Funktionsnamen ein *x* oder *y* enthalten. Dies ist kein Zufall: Die Buchstaben verweisen auf das X- und Y-Register. So potenziert z.B. $\leftarrow \boxed{10^x}$ zehn mit der Zahl im X-Register (der angezeigten Zahl).

Löschen des X-Registers

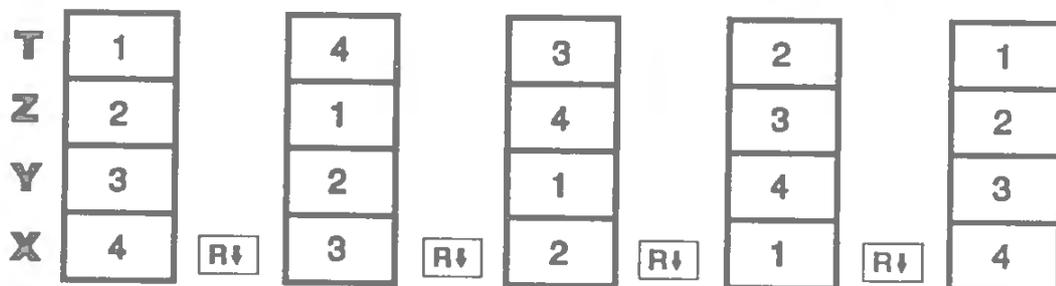
Drücken von $\leftarrow \boxed{\text{CLEAR}} \{x\}$ setzt das X-Register *immer* auf Null; diese Funktion kann auch als Anweisung in Programmen eingesetzt werden. Im Gegensatz dazu ist die Wirkung von $\boxed{\text{C}}$ von der jeweiligen Situation abhängig. $\boxed{\text{C}}$ wirkt nur dann wie $\leftarrow \boxed{\text{CLEAR}} \{x\}$, wenn das X-Register angezeigt wird. Die Taste \downarrow wirkt ebenfalls wie $\leftarrow \boxed{\text{CLEAR}} \{x\}$, wenn das X-Register angezeigt wird *und* die Zifferneingabe abgeschlossen ist (kein Cursor angezeigt). Sie *hebt* sonstige Anzeigeinhalte auf: Menüs, benannte Ergebnisse, Meldungen, Gleichungseingaben und Programmeingaben.

Durchsehen des Stack

R↓ (Rollen nach unten)

(R↓) (*Rollen nach unten*) erlaubt Ihnen das Durchsehen des Stacks, indem der Inhalt registerweise nach unten "gerollt" wird. Die jeweils im X-Register stehende Zahl wird angezeigt.

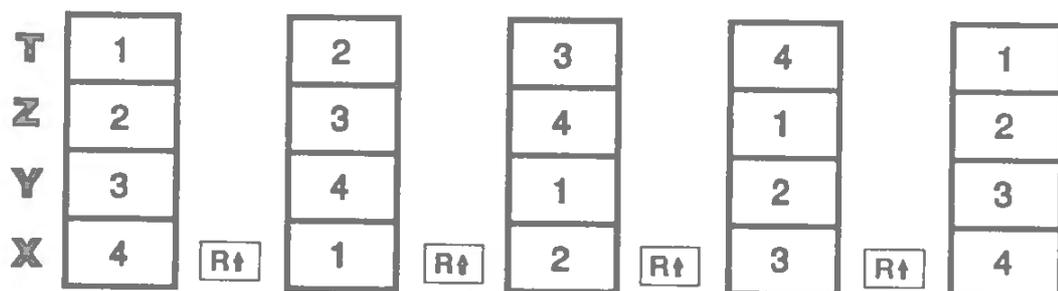
Nehmen Sie an, im Stack seien die Werte 1, 2, 3 und 4 gespeichert (drücken Sie 1 **ENTER** 2 **ENTER** 3 **ENTER** 4. Viermaliges Drücken von (R↓) rollt die Zahlen zyklisch durch den Stack, bis sie wieder im ursprünglichen Register stehen:



Was im X-Register gespeichert war, kommt ins T-Register, der Inhalt des T-Registers kommt ins Z-Register, usw. Beachten Sie, daß nur der *Inhalt* der Register verschoben wird, nicht die Register selbst. Nur der Inhalt des X-Registers wird angezeigt.

R↑ (Rollen nach oben)

Die Tastenkombination (R↑) (Rollen nach oben) hat eine ähnliche Funktion wie die Taste (R↓), nur mit dem Unterschied, daß der Stackinhalt registerweise nach oben "gerollt" wird. Der Inhalt des X-Registers kommt in das Y-Register; der Inhalt des T-Registers kommt in das X-Register, und so weiter.



Austauschen der Inhalte von X- und Y-Register

Eine weitere Funktion zur Manipulation des Stackinhalts ist $\boxed{x \leftrightarrow y}$ (*x mit y tauschen*). Die Inhalte des X- und Y-Registers werden ausgetauscht, ohne den restlichen Stack zu beeinflussen. Zweimaliges Drücken von $\boxed{x \leftrightarrow y}$ stellt wieder den ursprünglichen Zustand her.

$\boxed{x \leftrightarrow y}$ dient hauptsächlich zwei Anwendungszwecken:

- Ansehen des Y-Registers und Rückkehr zum X-Register (zweimaliges Drücken von $\boxed{x \leftrightarrow y}$). Manche Funktionen haben zwei Ergebnisse: das erste im X-Register, das zweite im Y-Register. So konvertiert z.B. $\boxed{\leftarrow} \boxed{\rightarrow \theta, r}$ Rechteckskordinaten in Polarkordinaten. Vor der Umwandlung müssen die Rechteckkoordinaten in X und Y stehen, danach stehen die Polarkordinaten im gleichen Registerpaar.

- Austauschen der Reihenfolge von Zahlen bei Berechnungen. Sie können z.B. $9 \div (13 \times 8)$ berechnen, indem Sie

13 $\boxed{\text{ENTER}}$ 8 $\boxed{\times}$ 9 $\boxed{x \leftrightarrow y}$ $\boxed{\div}$

drücken.

Die Tastenfolge zur Berechnung dieses Ausdrucks von *links nach rechts* ist:

9 $\boxed{\text{ENTER}}$ 13 $\boxed{\text{ENTER}}$ 8 $\boxed{\times}$ $\boxed{\div}$.

Hinweis

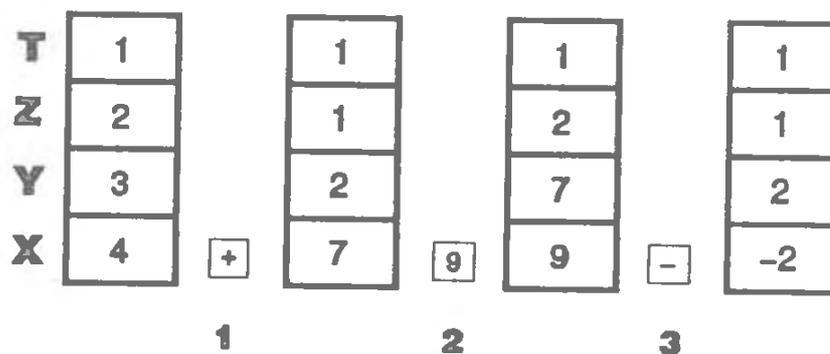


Beachten Sie bitte bei Berechnungen, daß der Stack nur vier Speicherplätze besitzt – sowie Sie eine fünfte Zahl eingeben, geht der Inhalt des T-Registers (des obersten Registers) verloren.

Arithmetik – der Ablauf im Stack

Der neue Inhalt des Stacks wird nach oben bzw. unten geschoben, wenn neue Zahlen ins X-Register eingegeben werden (*Stack Lift*) oder bzw. 2 Zahlen durch einen Operator zu einem Ergebnis im X-Register verarbeitet werden (*Stack Drop*). Nehmen Sie an, im Stack seien die Werte 1, 2, 3 und 4 gespeichert. Beachten Sie die Veränderungen im Stack, wenn die folgende Berechnung ausgeführt wird:

$$3 + 4 - 9$$

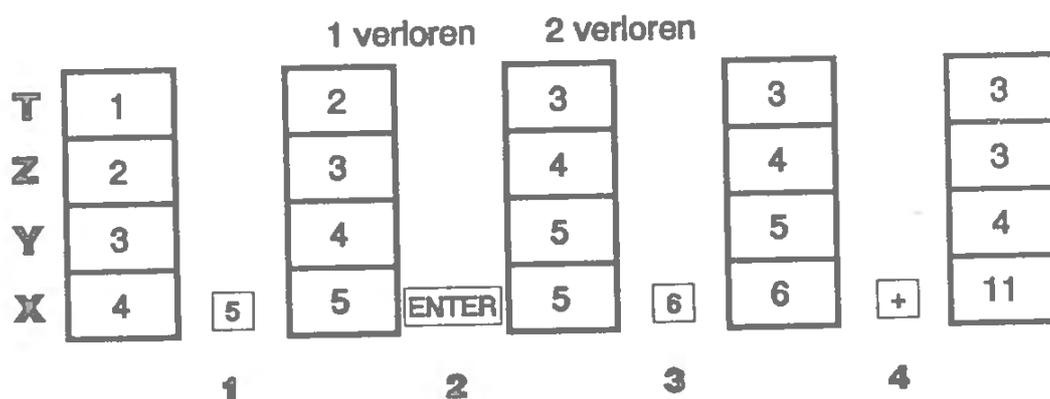


1. Der Stack schiebt den Inhalt nach unten (*Stack-Drop*). Das oberste Register (T-Register) dupliziert dabei seinen Inhalt.
 2. Der Stack schiebt den Inhalt nach oben (*Stack Lift*). Der Inhalt des obersten Registers (T-Register) geht dabei verloren.
 3. Der Stack schiebt den Inhalt nach unten.
- Beachten Sie, daß bei einer Verschiebung nach oben der Inhalt des T-Registers durch den Inhalt des Z-Registers ersetzt wird und der *ursprüngliche* Inhalt des T-Registers verloren geht. Sie erkennen daraus, daß der Stackinhalt für Berechnungen auf vier Zahlenwerte beschränkt ist.
 - Aufgrund der automatischen Verschiebungen im Stack muß die Anzeige *nicht* gelöscht werden, wenn eine neue Berechnung begonnen wird.
 - Die meisten Funktionen bereiten eine Verschiebung des Stackinhalts nach oben vor, *wenn die nächste Zeile ins X-Register eingegeben wird*. Im Anhang B finden Sie eine Auflistung dieser Funktionen.

Funktionsweise von ENTER

Wie Sie bereits wissen, trennt **ENTER** beim Eingeben zwei aufeinanderfolgende Zahlen voneinander. Wie sieht hierbei der Ablauf im Stack aus? Nehmen Sie an, im Stack seien die Werte 1, 2, 3 und 4 gespeichert. Addieren Sie nun die 2 Zahlen:

$$5 + 6$$



1. Verschieben des Stacks nach oben.
2. Verschieben des Stacks nach oben und Duplizieren des X-Registers.
3. *Keine* Verschiebung des Stacks.
4. Verschieben des Stacks nach unten und Duplizieren des T-Registers.

ENTER dupliziert den Inhalt des X-Registers in das Y-Register. Die nächste Zahl überschreibt die erste Zahl im X-Register. **ENTER** bewirkt also, daß zwei nacheinander eingegebene Zahlen voneinander getrennt sind.

Da **ENTER** den Inhalt des X-Registers dupliziert, können Sie **ENTER** auch zum Löschen des Stackinhalts verwenden: Drücken Sie 0 **ENTER** **ENTER** **ENTER**. Alle Register enthalten nun Null. Beachten Sie jedoch, daß Sie den Stack nicht ausdrücklich löschen müssen, bevor Sie eine neue Berechnung beginnen.

Mehrfache Verwendung einer Zahl

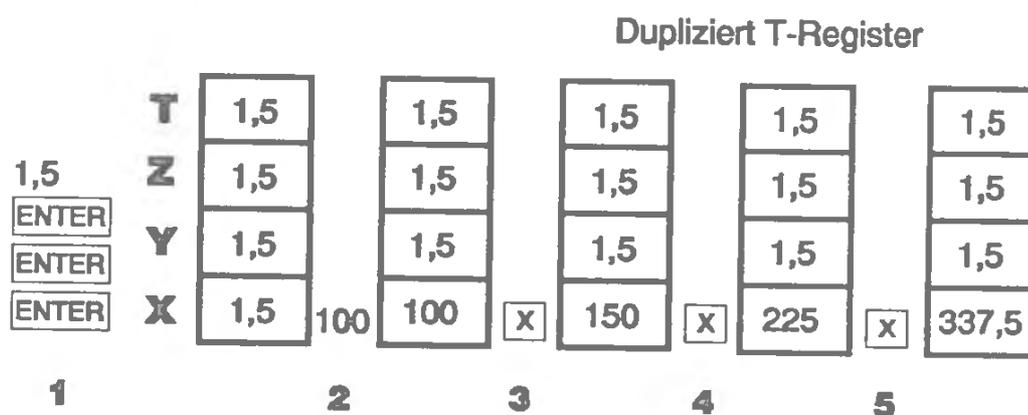
Der Verdopplungseffekt von **ENTER** ist auch bei anderen Anwendungen von Vorteil. Um eine Addition von zwei gleichen Zahlen auszuführen, drücken Sie einfach **ENTER** **+**.

Auffüllen des Stacks mit einer Konstanten

Die Duplizierung von X durch **ENTER** und von T (bei Verschiebungen nach unten) erlaubt Ihnen das Auffüllen des Stacks mit einer numerischen Konstanten.

Beispiel: Konstantes, kumulatives Wachstum

Wie groß wäre eine Bakterienkultur nach 3 Tagen, wenn die tägliche Wachstumsrate bei 50 % liegt und der Anfangsbestand 100 ist?



1. Füllt den gesamten Stack mit der Wachstumsrate.
2. Eintippen des Anfangsbestandes.
3. Berechnet den Bestand nach einem Tag.
4. Berechnet den Bestand nach zwei Tagen.
5. Berechnet den Bestand nach drei Tagen.

Funktionsweise von CLEAR X

Das Löschen der Anzeige (X-Register) schreibt eine Null in das X-Register. Die als nächste eingegebene (oder zurückgerufene) Zahl überschreibt diese Null.

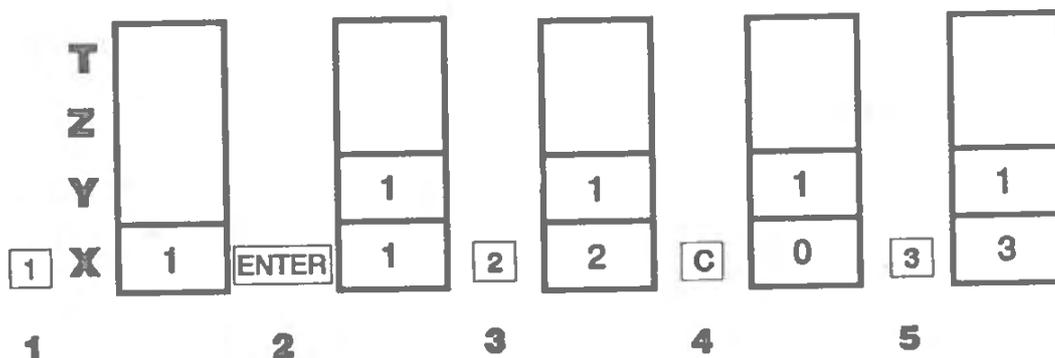
Es gibt drei Wege zum Löschen der Zahl im X-Register:

1. Drücken Sie **C**.
2. Drücken Sie **↵**.
3. Drücken Sie **←** **CLEAR** {*x*}. (Diese Tastenfolge wird hauptsächlich bei der Eingabe eines Programms benutzt.)

Beachten Sie die folgenden Ausnahmen:

- Während der Programmeingabe löscht **↵** die momentan angezeigte Zeile, wohingegen **C** die Programmeingabe aufhebt.
- Während der Zifferneingabe bewirkt **↵** das Löschen der zuletzt eingegebenen Ziffer.
- Wenn die Anzeige eine *benannte* Zahl (z.B. $A=2,0000$) enthält, hebt **C** oder **↵** diese Darstellung auf und zeigt den Inhalt des X-Registers.
- Wenn Sie eine Gleichung in der Anzeige haben, so setzt **↵** den Cursor ans Ende der Gleichung und ermöglicht Ihnen die Bearbeitung der Gleichung.
- Während der Gleichungseingabe löscht **↵** die angezeigte Gleichung Funktion für Funktion.

Wenn Sie z.B. 1 und 3 eingeben wollen und versehentlich 1 und 2 eingeben, so wären folgende Schritte zur Korrektur erforderlich:



1. Verschiebt den Stack nach oben.
2. Verschiebt den Stack nach oben und dupliziert den Inhalt des X-Registers.
3. Überschreibt den Inhalt des X-Registers.
4. Löscht *x* durch Überschreiben mit Null.
5. Überschreibt *x* (ersetzt Null).

Das LAST X-Register

Das LAST X-Register ist eine Ergänzung zum Stack: Es enthält den Zahlenwert, welcher sich im X-Register befand, bevor die letzte numerische Funktion ausgeführt wurde. Drücken von \leftarrow (LAST x) ruft den Inhalt von *LAST X* in das X-Register zurück.

Diese Fähigkeit, den *ursprünglichen* Inhalt des X-Registers wiederherzustellen, hat zwei Hauptanwendungen:

1. Fehlerkorrektur.
2. Wiederverwenden einer Zahl innerhalb einer Berechnung.

Im Anhang B finden Sie eine detaillierte Auflistung aller Funktionen, die *x* im LAST X-Register sichern.

Fehlerkorrektur mit LAST X

Falsche einwertige Funktion

Wenn Sie eine falsche einwertige Funktion ausgeführt haben, dann verwenden Sie \leftarrow (LAST x) zum Zurückrufen der Zahl und anschließenden Ausführung der richtigen Funktion.

(Drücken Sie *vorher* C , wenn Sie das falsche Ergebnis aus dem Stack löschen wollen.)

Da \rightarrow (%) und \rightarrow (%CHG) keine Verschiebung nach unten verursachen, können Sie nach diesen Funktionen genauso weiterarbeiten wie bei einwertigen Funktionen.

Beispiel:

Angenommen Sie haben gerade $\ln 4,7839 \times (3,879 \times 10^5)$ berechnet und wollten davon die Quadratwurzel ziehen, haben jedoch aus Versehen e^x gedrückt. Sie müssen deshalb nicht von vorne beginnen. Um das gewünschte Ergebnis zu erhalten, ist lediglich \leftarrow (LAST x) \sqrt{x} zu drücken.

Tippfehler bei zweiwertigen Funktionen

Wenn Ihnen bei einer zweiwertigen Operation ($+$, $-$, \times , \div , y^x oder $\sqrt[y]{y}$) ein Fehler unterläuft, so können Sie diesen durch \leftarrow **LAST x** und die Umkehrfunktion der zweiwertigen Funktion ($-$ oder $+$, \div oder \times , $\sqrt[y]{y}$ oder y^x) korrigieren:

1. Drücken Sie \leftarrow **LAST x**, um die zweite Zahl zurückzuholen (x -Wert vor der Operation).
2. Führen Sie die Umkehrfunktion aus. Damit erhalten Sie die ursprünglich erste Zahl, die zweite befindet sich noch immer im LAST X-Register. Nun gibt es zwei Möglichkeiten:
 - Wenn Sie die *falsche Funktion* verwendet hatten, drücken Sie erneut \leftarrow **LAST x**, um den ursprünglichen Stackinhalt wieder herzustellen. Führen Sie nun die richtige Funktion aus.
 - Wenn Sie den *falschen zweiten Operanden* benutzt hatten, tippen Sie den richtigen ein und führen danach die Operation aus.

Hatten Sie den *falschen ersten Operanden* benutzt, so ist der richtige einzutippen, \leftarrow **LAST x** zum Zurückholen des zweiten Operanden zu drücken und anschließend die Funktion erneut auszuführen.

(Drücken Sie *zuerst* **C**, wenn Sie das falsche Ergebnis aus dem Stack löschen wollen.)

Beispiel:

Nehmen Sie an, bei der Berechnung von

$$16 \times 19 = 304.$$

wäre Ihnen ein Fehler unterlaufen (wobei es 3 Fehlerquellen gibt):

Falsche Berechnung:

16 **ENTER** 19 **-**

15 **ENTER** 19 **\times**

16 **ENTER** 18 **\times**

Fehler:

Falsche Funktion

Falsche erste Zahl.

Falsche zweite Zahl.

Korrektur:

\leftarrow **LAST x** **+**
 \leftarrow **LAST x** **\times**

16 \leftarrow **LAST x** **\times**

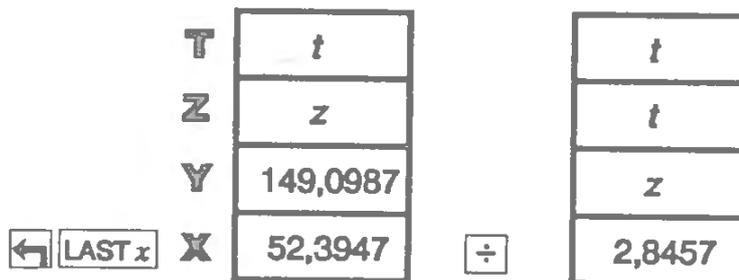
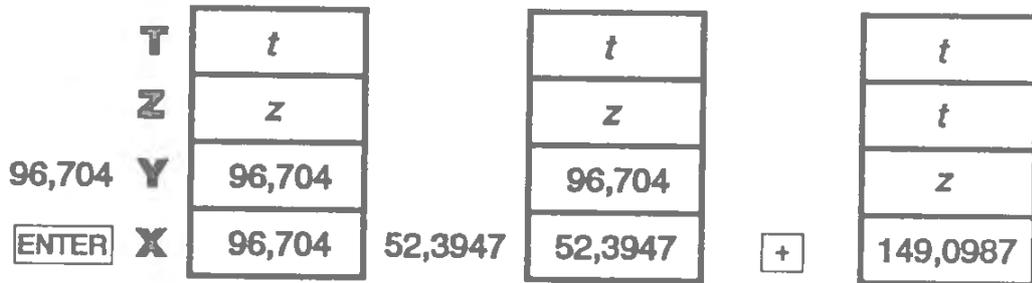
\leftarrow **LAST x** **\div** 19 **\times**

Wiederverwendung von Zahlen mit LAST X

Sie können über \leftarrow LAST *x* z.B. eine Konstante zurückrufen und diese für eine Berechnung heranziehen. Denken Sie daran, die Konstante unmittelbar vor der Ausführung der Operationen einzugeben, damit sie als letzte Zahl in das X-Register kommt und demzufolge als LAST X gesichert wird und mit \leftarrow LAST *x* zurückgerufen werden kann.

Beispiel:

Berechnen Sie $\frac{96,704 + 52,3947}{52,3947}$



Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
96,704 (ENTER)	96,704	Eingabe der ersten Zahl.
52,3947 (+)	149,0987	Zwischenergebnis.
(←) (LAST x)	52,3947	Zeigt Wert vor Ausführung von (+) an.
(=)	2,8457	Endergebnis.

Beispiel:

Zwei Nachbarsterne der Erde sind Rigel Centaurus (4,3 Lichtjahre entfernt) und Sirius (8,7 Lichtjahre entfernt). Berechnen Sie unter Verwendung der Lichtgeschwindigkeit c ($9,5 \times 10^{15}$ m/Jahr) die Entfernung zu diesen Sternen in m).

Entfernung zum Rigel Centaurus = 4,3 Jahre \times ($9,5 \times 10^{15}$ m/Jahr).
 Entfernung zum Sirius = 8,7 Jahre \times ($9,5 \times 10^{15}$ m/Jahr).

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
4,3 (ENTER)	4,3000	Lichtjahre zum Rigel Centaurus.
9,5 (E) 15	9,5E15_	Lichtgeschwindigkeit c .
(x)	4,0850E16	Meter zum Rigel Centaurus.
8,7 (←) (LAST x)	9,5000E15	Ruft c zurück.
(x)	8,2650E16	Meter zum Sirius.

Kettenrechnungen

Das automatische Verschieben des Stackinhalts nach oben oder unten ermöglicht Ihnen die Weiterverwendung von Zwischenergebnissen ohne Zwischenspeicherung oder Verwendung von Klammern.

Beginnen Sie mit dem Klammersausdruck

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

Wenn Sie dieses Problem von Hand lösen würden, dann würden Sie zuerst das Zwischenergebnis $(12 + 3)$ bestimmen ...

$$(12 + 3) = 15$$

... danach würden Sie dieses Zwischenergebnis mit 7 multiplizieren:

$$(15) \times 7 = 105$$

Lösen Sie dieses Problem nun auf dieselbe Weise auf dem HP 32SII, beginnen Sie *innerhalb* des Klammersausdrucks:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
12 ENTER 3 +	15,0000	Berechnet zuerst das Zwischenergebnis.

Sie müssen zur Sicherung dieses Zwischenergebnisses nicht **ENTER** drücken, bevor Sie fortfahren; da es ein *berechnetes* Ergebnis ist, wird es automatisch gesichert.

Tastenfolge:	Display:	Beschreibung:
7 ×	105,0000	Das Drücken der Funktionstaste berechnet das Ergebnis. Dieses Ergebnis kann für weitere Berechnungen benutzt werden.

Betrachten Sie nun das folgende Beispiel. Erinnern Sie sich dabei daran, daß Sie **ENTER** nur zur Trennung von *nacheinander eingegebenen* Zahlen drücken müssen, wie z.B. zu Beginn der Bearbeitung eines Problems. Die Operationen selbst (**+**, **-**, usw.) trennen einzelne Zahlen und speichern Zwischenergebnisse. Das zuletzt gespeicherte Ergebnis ist das erste, das bei Fortführung der Berechnung zurückgeholt wird.

Berechnen Sie $2 \div (3 + 10)$:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
3 ENTER 10 +	13,0000	Berechnet zuerst (3 + 10).
2 x>y ÷	0,1538	Stellt die <i>korrekte</i> Reihenfolge der Zahlen für die Division her: $2 \div 13$.

Berechnen Sie $4 \div [(14 + (7 \times 3) - 2)]$:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
7 ENTER 3 x	21,0000	Berechnet (7 × 3).
14 + 2 -	33,0000	Berechnet den Divisor.
4 x>y	33,0000	Stellt 4 <i>vor</i> 33 zur Vorbereitung der Division.
÷	0,1212	Berechnet das Ergebnis von $4 \div 33$.

Probleme mit mehrfachen Klammersausdrücken können auf dieselbe Art gelöst werden unter Verwendung der automatischen Speicherung von Zwischenergebnissen. Zur Berechnung von $(3 + 4) \times (5 + 6)$ von Hand z.B. würden Sie zuerst die Klammer $(3 + 4)$ berechnen. Danach die Klammer $(5 + 6)$. Schließlich würden Sie die beiden Zwischenergebnisse miteinander multiplizieren.

Gehen Sie das Problem mit dem HP 32SII auf dieselbe Art an, nur mit dem Unterschied, daß Sie keine Zwischenergebnisse notieren müssen – der Rechner macht dies für Sie.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
3 ENTER 4 +	7,0000	Führt zuerst die Addition $(3 + 4)$ aus.
5 ENTER 6 +	11,0000	Gefolgt von der Addition $(5 + 6)$.
×	77,0000	Die Multiplikation der Zwischenergebnisse liefert das Endergebnis.

Übungsaufgaben

Berechnen Sie:

$$\frac{\sqrt{(16,3805 \times 5)}}{0,05} = 181,0000$$

Eine Lösung:

$$16,3805 \text{ (ENTER) } 5 \text{ (x) } (\sqrt{x}) \text{ 0,05 } (\div)$$

Berechnen Sie:

$$\sqrt{[(2+3) \times (4+5)]} + \sqrt{[(6+7) \times (8+9)]} = 21,5743$$

Eine Lösung:

$$2 \text{ (ENTER) } 3 \text{ (+) } 4 \text{ (ENTER) } 5 \text{ (+) } (\times) \text{ } (\sqrt{x}) \text{ 6 (ENTER) } 7 \text{ (+) } 8 \text{ (ENTER) } 9 \text{ (+) } (\times) \text{ } (\sqrt{x}) \text{ (+)}$$

Berechnen Sie:

$$(10 - 5) \div [(17 - 12) \times 4] = 0,2500$$

Eine Lösung:

$$17 \text{ (ENTER) } 12 \text{ (-) } 4 \text{ (x) } 10 \text{ (ENTER) } 5 \text{ (-) } (\div)$$

oder

$$10 \text{ (ENTER) } 5 \text{ (-) } 17 \text{ (ENTER) } 12 \text{ (-) } 4 \text{ (x) } (\div)$$

Reihenfolge der Rechenschritte

Im Kapitel 1 wurde empfohlen, Kettenrechnungen vom innersten Klammersausdruck nach außen abzuarbeiten. Sie können das Problem aber auch von links nach rechts bearbeiten.

So wurde z.B. im Kapitel 1 der Ausdruck

$$4 \div [14 + (7 \times 3) - 2]$$

berechnet, indem mit der innersten Klammer (7×3) begonnen und nach außen weitergerechnet wurde – wie Sie es auf Papier tun würden.

7 **ENTER** 3 **×** 14 **+** 2 **-** 4 **x↔y** **÷**.

Bei der Bearbeitungsweise von links nach rechts wäre die Lösung wie folgt:

4 **ENTER** 14 **ENTER** 7 **ENTER** 3 **×** **+** 2 **-** **÷**.

wobei ein zusätzlicher Tastendruck erforderlich ist. Beachten Sie, daß das erste Zwischenergebnis immer noch die innerste Klammer ist: (7×3) . Der Vorteil bei der Bearbeitungsweise von links nach rechts liegt darin, daß nicht **x↔y** verwendet werden muß, um Operanden von *nicht kommutativen* Funktionen neu zu ordnen. (**-** and **÷**).

Trotzdem wird das erste Verfahren (von innen nach außen) häufig bevorzugt, da:

- die Tastenfolge kürzer ist.
- weniger Stackregister benötigt werden.

Hinweis



Bei der Bearbeitung von links nach rechts ist sicherzustellen, daß nicht mehr als 4 Zwischenergebnisse zugleich für eine Berechnung vorkommen, da der Stack nicht mehr als 4 Zahlenwerte gleichzeitig speichern kann.

Im letzten Beispiel, welches von links nach rechts bearbeitet wurde, werden zu einem bestimmten Zeitpunkt alle Register benötigt:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
4 ENTER	14,0000	Speichert 4 und 14 als Zwischenwerte im Stack.
14 ENTER		
7 ENTER 3	3_	Zu diesem Zeitpunkt ist der Stack vollständig mit Werten für diese Berechnung belegt.
×	21,0000	Zwischenergebnis.
+	35,0000	Zwischenergebnis.
2 -	33,0000	Zwischenergebnis.
÷	0,1212	Endergebnis.

Übungsaufgaben

Nachstehend finden Sie einige Aufgaben, mit denen Sie Routine bei der Anwendung der UPN erwerben können:

Berechnen Sie:

$$(14 + 12) \times (18 - 12) \div (9 - 7) = 78,0000$$

Eine Lösung:

$$14 \text{ (ENTER) } 12 \text{ (+) } 18 \text{ (ENTER) } 12 \text{ (-) } \text{(x)} \text{ 9 (ENTER) } 7 \text{ (-) } \text{(÷)}$$

Berechnen Sie:

$$23^2 - (13 \times 9) + 1/7 = 412,1429$$

Eine Lösung:

$$23 \text{ (←) } \text{(x}^2\text{)} \text{ 13 (ENTER) } 9 \text{ (x) } \text{(-) } 7 \text{ (1/x) } \text{(+)}$$

Berechnen Sie:

$$\sqrt{(5,4 \times 0,8) \div (12,5 - 0,7^3)} = 0,5961$$

Eine Lösung:

$$5,4 \text{ (ENTER) } 0,8 \text{ (x) } 0,7 \text{ (ENTER) } 3 \text{ (y}^x\text{) } 12,5 \text{ (x}^y\text{) } \text{(-) } \text{(÷) } \text{(√x)}$$

oder

$$5,4 \text{ (ENTER) } 0,8 \text{ (x) } 12,5 \text{ (ENTER) } 0,7 \text{ (ENTER) } 3 \text{ (y}^x\text{) } \text{(-) } \text{(÷) } \text{(√x)}$$

Berechnen Sie:

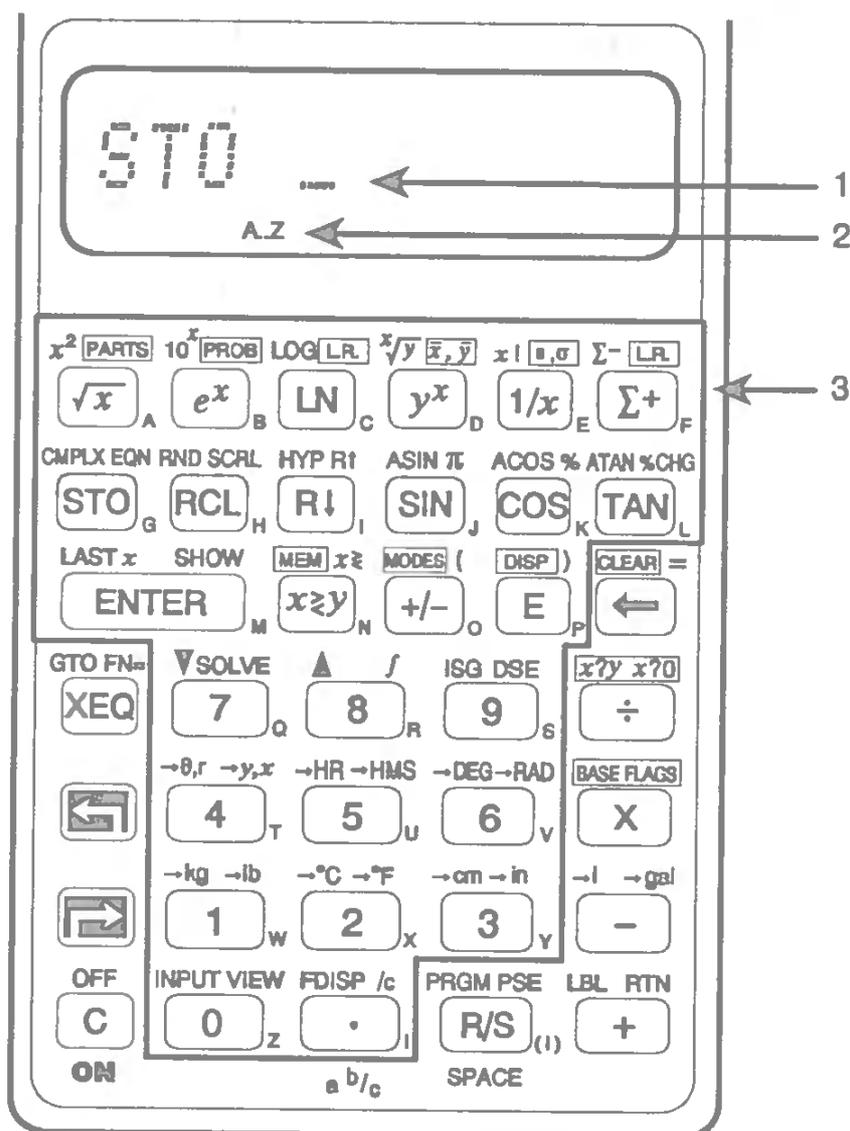
$$\sqrt{\frac{8,33 \times (4 - 5,2) \div [(8,33 - 7,46) \times 0,32]}{4,3 \times (3,15 - 2,75) - (1,71 \times 2,01)}} = 4,5728$$

Eine Lösung:

$$4 \text{ (ENTER) } 5,2 \text{ (-) } 8,33 \text{ (x) } \text{(←) } \text{(LAST x) } 7,46 \text{ (-) } 0,32 \text{ (x) } \text{(÷) } 3,15 \text{ (ENTER) } \\ 2,75 \text{ (-) } 4,3 \text{ (x) } 1,71 \text{ (ENTER) } 2,01 \text{ (x) } \text{(-) } \text{(÷) } \text{(√x)}$$

Datenspeicherung in Variablen

Der Benutzerspeicher des HP 32SII besitzt eine Kapazität von 384 Byte. Er dient als Speicherplatz für Zahlen, Gleichungen und Programme. Zahlen werden in *Variablen* gespeichert, wobei jede mit einem Buchstaben zwischen A und Z benannt wird. (Sie können den Buchstaben wählen, um eine Verbindung zum gespeicherten Inhalt herzustellen, wie z.B. G für die *Fallbeschleunigung*.)



1. Der Cursor fordert zur Eingabe eines Zahlenwertes für die Variable auf.
2. Weist darauf hin, daß die Alphatasten aktiviert sind.
3. Alphatasten.

Jeder weiße Buchstabe ist einer eindeutigen Variablen und Taste zugeordnet. Bei Bedarf werden die Alphatasten automatisch aktiviert (wobei der Indikator **A..Z** in der Anzeige erscheint).

Beachten Sie, daß die Variablen *X*, *Y*, *Z*, und *T* andere Speicherbereiche bezeichnen, als das X-Register, das Y-Register, das Z-Register und das T-Register im Stack.

Speichern und Zurückrufen von Zahlen

Zahlenwerte werden durch **STO** (*store*) in benannten Variablen gespeichert und durch **RCL** (*recall*) aus diesen Variablen wieder zurückgerufen.

Um eine Kopie der angezeigten Zahl (X-Register) in einer Variablen zu speichern:

Drücken Sie **STO** *Alphataste*.

Um eine Kopie eines Variablenwertes in die Anzeige zu holen:

Drücken Sie **RCL** *Alphataste*.

Beispiel: Speichern von Zahlen.

Speichern Sie die Avogadro-Zahl ($6,0225 \times 10^{23}$) in A.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
6,0225 (E) 23	6,0225E23_	Avogadro-Zahl.
(STO)	STO _	Eingabeaufforderung für Variablennamen.
A (Taste (√x) gedrückt halten)	STO A	Zeigt Funktion an, solange die Taste gedrückt ist.
(Taste loslassen)	6,0225E23	Speichert Avogadro-Zahl in A; beendet gleichzeitig Zifferneingabe (kein Cursor wird angezeigt).
(C)	0,0000	Löscht die Anzeige.
(RCL)	RCL _	Eingabeaufforderung für Variablennamen.
A	6,0225E23	Ruft Avogadro-Zahl aus A in Anzeige.

Ansehen des Variableninhalts ohne Zurückrufen in die Anzeige

Die Funktion **VIEW** zeigt den Variableninhalt an, ohne eine Kopie im X-Register zu erzeugen. Der Variablenname erscheint dabei mit in der Anzeige, z.B.:

A=1234,5678

Wenn die Zahl zu groß ist, um zusammen mit dem Label in die Anzeige zu passen, so wird sie gerundet, und die letzten Stellen werden abgeschnitten. (Ein Exponent wird komplett angezeigt.) Um die vollständige Mantisse anzusehen, drücken Sie **SHOW**.

Im Bruchdarstellungs-Modus (**FDISP**) können einige Stellen des ganzzahligen Teils abgeschnitten werden. Dies wird durch “...” am linken Ende des ganzzahligen Teils angezeigt. Um die ganze Mantisse sehen zu können, drücken Sie **SHOW**. Der ganzzahlige Teil ist der Teil links vom Dezimalzeichen (. oder ,).

Die Funktion **VIEW** wird sehr häufig beim Programmieren verwendet, ist aber auch immer dann hilfreich, wenn Sie den Variableninhalt ansehen möchten, ohne den Stackinhalt zu verändern.

Um die durch **VIEW** erzeugte Anzeige aufzuheben, drücken Sie einmal **←** oder **C**.

Ansehen von Variablen im Katalog VAR

Die Funktion \leftarrow MEM (MEMory) liefert Informationen über die Speicherbelegung:

nnn,n VAR PGM

Hierbei ist nnn,n die Zahl der verfügbaren Speicherbyte.

Durch Aufruf des Menüs {VAR} rufen sie den Variablenkatalog in die Anzeige.

Durch Aufruf des Menüs {PGM} rufen Sie den Programmkatalog in die Anzeige.

Um den Inhalt aller Variablen (oder aller Variablen ungleich Null) anzusehen:

1. Drücken Sie \leftarrow MEM {VAR}.
2. Drücken Sie \leftarrow ∇ oder \leftarrow \blacktriangle zum Verschieben des Listeninhalts bzw. zur Anzeige der gewünschten Variablen. (Beachten Sie den Indikator \blacktriangledown , der auf die aktivierten Pfeiltasten ∇ und \blacktriangle hinweist. Wenn der Bruchdarstellungs-Modus aktiviert ist, dann zeigen die Indikatoren \blacktriangledown in diesem Fall *nicht* die Genauigkeit an.) Um alle signifikanten Stellen einer im Katalog {VAR} enthaltenen Zahl anzuzeigen, ist \rightarrow SHOW zu drücken. (Bei einer Dualzahl mit mehr als 12 Stellen können mit \sqrt{x} und $\Sigma+$ die restlichen Stellen angesehen werden.)
3. Um den Inhalt einer angezeigten Variablen in das X-Register zu kopieren, ist ENTER zu drücken.
4. Um den Variableninhalt auf Null zu setzen, ist \leftarrow CLEAR zu drücken, während die Variable im Katalog angezeigt wird.
5. Drücken Sie C zum Verlassen des Katalogs.

Löschen von Variablen

Der Inhalt einer Variablen bleibt aufgrund der nicht-flüchtigen Datenspeicherung so lange erhalten, bis er ersetzt oder die Variable gelöscht wird. Das Löschen einer Variablen ist gleichbedeutend mit dem Speichern des Werts Null als Inhalt (der Wert Null benötigt keinen Speicherplatz).

Um eine einzelne Variable zu löschen:

Speichern Sie den Wert Null in ihr: Drücken Sie 0 **(STO)** Variable.

Um ausgewählte Variablen zu löschen:

1. Drücken Sie **(←) (MEM) {VAR}**, und verwenden Sie **(←) (▼)** oder **(←) (▲)** zur Anzeige der Variablen.
2. Drücken Sie **(←) (CLEAR)**.
3. Drücken Sie **(C)** zum Verlassen des Katalogs.

Um alle Variablen gleichzeitig zu löschen:

Drücken Sie **(←) (CLEAR) {VARS}**.

Arithmetik mit Variablen

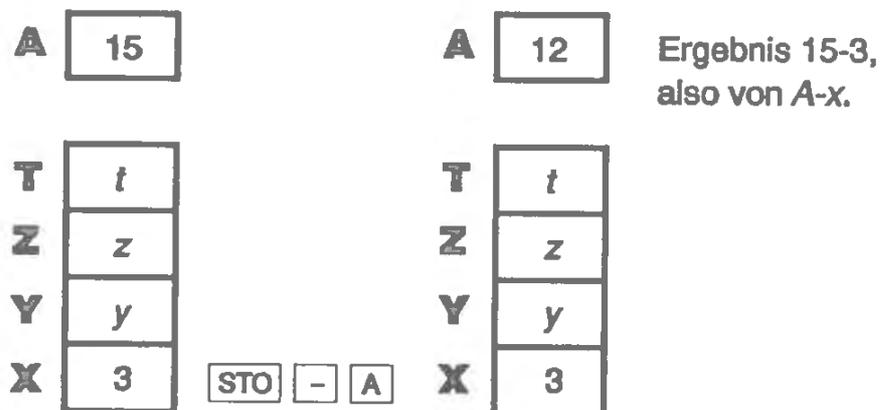
Speicherarithmetik und *Rückrufarithmetik* ermöglichen Ihnen die Ausführung von Berechnungen mit Variablen, *ohne den Variableninhalt in den Stack zu kopieren*. Für die Berechnung wird eine Zahl aus dem X-Register und ein Wert aus einer Variablen verwendet.

Speicherarithmetik

Bei der *Speicherarithmetik* wird $\boxed{\text{STO}} \boxed{+}$, $\boxed{\text{STO}} \boxed{-}$, $\boxed{\text{STO}} \boxed{\times}$ oder $\boxed{\text{STO}} \boxed{\div}$ zur Ausführung der Berechnung in der Variablen selbst und zum Speichern des Ergebnisses in ihr verwendet; dabei wird der Wert im X-Register benutzt, der Stack jedoch nicht verändert.

Neuer Variableninhalt = bisheriger Inhalt $\{+, -, \times, \div\} x$

Nehmen Sie z.B. an, Sie möchten den Inhalt von A (15) um die Zahl im X-Register (3, angezeigt) verringern. Drücken Sie $\boxed{\text{STO}} \boxed{-} \text{A}$. Sie erhalten $A = 12$, während weiterhin 3 angezeigt wird.



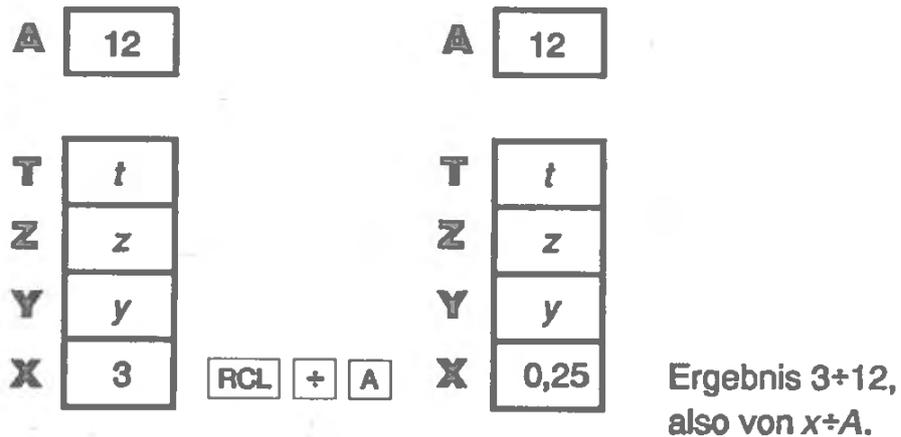
Rückrufarithmetik

Die *Rückrufarithmetik* verwendet $\boxed{\text{RCL}} \boxed{+}$, $\boxed{\text{RCL}} \boxed{-}$, $\boxed{\text{RCL}} \boxed{\times}$, oder $\boxed{\text{RCL}} \boxed{\div}$ für Berechnungen im X-Register unter Verwendung eines zurückgerufenen Variableninhalts, wobei das Ergebnis in der Anzeige bleibt. Es ist nur das X-Register betroffen, der restliche Stackinhalt bleibt unverändert.

Neues $x = \text{bisheriges } x \{+, -, \times, \div\} \text{ Variable}$

Nehmen Sie z.B. an, Sie möchten die Zahl im X-Register (3, angezeigt) durch den Wert A (12) dividieren. Drücken Sie **RCL** **÷** A. Sie erhalten $x = 0,25$, während 12 unverändert in A gespeichert ist.

Rückrufarithmetik hilft in Programmen, Speicherplatz zu sparen. Die Verwendung von **RCL** **+** A (eine Anweisung) benötigt nur halb soviel Speicherplatz wie **RCL** A, **+** (zwei Anweisungen).



Beispiel:

Nehmen Sie an, die Variablen D , E und F enthalten die Werte 1, 2 und 3. Verwenden Sie Speicherarithmetik zur Addition von 1 zu jeder der Variablen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
1 (STO) D	1,0000	Speichert die angenommenen
2 (STO) E	2,0000	Werte in den
3 (STO) F	3,0000	Variablen.
1 (STO) (+) D		Addiert 1 zu D , E und F .
(STO) (+) E		
(STO) (+) F	1,0000	
(R) (VIEW) D	D=2,0000	Zeigt den momentanen Inhalt von D an.
(R) (VIEW) E	E=3,0000	
(R) (VIEW) F	F=4,0000	
(←)	1,0000	Löscht die von VIEW erzeugte Anzeige, zeigt wieder das X-Register an.

Nehmen Sie an, die Variablen D , E und F enthalten die Werte 2, 3 und 4 vom letzten Beispiel. Dividieren Sie 3 durch D , multiplizieren Sie das Ergebnis mit E und addieren Sie F .

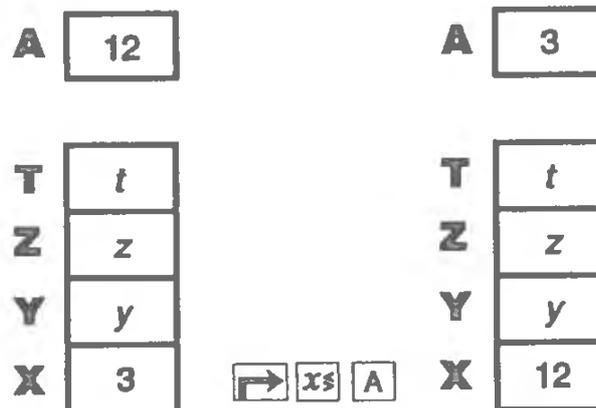
Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
3 (RCL) (÷) D	1,5000	Berechnet $3 \div D$.
(RCL) (×) E	4,5000	$3 \div D \times E$.
(RCL) (+) F	8,5000	$3 \div D \times E + F$.

Austauschen des Inhaltes von X mit dem irgendeiner anderen Variablen

Die Taste   ermöglicht Ihnen den Austausch des Inhalts von x (der angezeigte Inhalt des X-Registers) mit dem Inhalt irgendeiner Variablen. Die Ausführung dieser Funktion hat keinen Einfluß auf das Y-, Z- oder T-Register.

Beispiel:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
12  A	12,0000	Speichert den Wert 12 in der Variablen A.
3	3_	Zeigt x an.
  A	12,0000	Austausch des Inhaltes des X-Registers mit dem der Variablen A.
  A	3,0000	Austausch des Inhaltes des X-Registers und dem der Variablen A.



Die Variable “i”

Es gibt eine 27. Variable, die Sie direkt ansprechen können – die Variable *i*. (Die Taste  ist mit dem Buchstaben “i” beschriftet, und diese umgeschaltete Funktion ist dann aktiviert, wenn der Indikator **A..Z** angezeigt wird). Neben ihrer normalen Verwendung (Speichern von Zahlen) hat diese Variable noch einen speziellen Verwendungszweck: Über die Funktion **(i)** kann sie auf *andere* Variablen und auch die Statistikregister verweisen – eine Programmiertechnik, die als *indirekte Adressierung* bezeichnet wird. Sie wird im Kapitel 13 in dem Abschnitt “Indirektes Adressieren von Variablen und Labels” behandelt.

Reelle Funktionen

Dieses Kapitel behandelt die meisten Rechnerfunktionen, die Rechnungen mit reellen Zahlen durchführen (einschließlich einiger numerischer Funktionen, die in Programmen verwendet werden, wie z.B. die Absolutbetragsfunktion (ABS)):

- Exponential- und Logarithmusfunktionen
- Potenzfunktionen (y^x und $\sqrt[y]{y}$)
- Trigonometrische Funktionen
- Hyperbolische Funktionen
- Prozentrechnungsfunktionen
- Konvertierungsfunktionen für Koordinaten, Winkel und Einheiten
- Wahrscheinlichkeitsfunktionen
- Funktionen zur Manipulation von Zahlen.

Arithmetische Funktionen und Berechnungen werden in den Kapiteln 1 und 2 behandelt. Die höheren numerischen Operationen (Nullstellenbestimmung, Integration, komplexe Zahlen, Konvertierung zwischen Zahlensystemen und Statistikberechnungen werden in späteren Kapiteln behandelt. Alle numerischen Funktionen, mit Ausnahme der Wahrscheinlichkeitsfunktionen und der Funktionen zur Manipulation von Zahlen, sind über Tasten zugänglich.

Die Wahrscheinlichkeitsfunktionen ($C_{n,r}$, $P_{n,r}$, SD und R) sind im Menü PROB enthalten (drücken Sie \rightarrow **PROB**, um es aufzurufen).

Die Funktionen zur Manipulation von Teilen von Zahlen (IF , FF und ABS) sind im Menü PARTS enthalten (drücken Sie \rightarrow **PARTS**, um es aufzurufen).

Exponential- und Logarithmusfunktionen

Tippen Sie zuerst die Zahl ein und führen Sie danach die Funktion aus. Es ist nicht erforderlich, **ENTER** zu drücken.

Funktion:	Tastensequenz:
Natürlicher Logarithmus (Basis e)	LN
Dekadischer Logarithmus (Basis 10)	← LOG
Exponentialfunktion	e^x
Dekadische Exponentialfunktion	← 10^x

Potenzfunktionen

Um das Quadrat einer Zahl x zu berechnen, geben Sie x ein und drücken **← x^2** .

Um die Potenz einer Zahl x zur Basis 10 zu berechnen, geben Sie x ein und drücken Sie **← 10^x** .

Um eine Zahl y mit einem Exponenten x zu potenzieren, ist **ENTER** x und dann **y^x** einzutippen.

Für $y > 0$ kann x eine beliebige rationale Zahl darstellen. Für $y < 0$ muß x eine ganze Zahl sein. Für $y = 0$ muß x ein positives Vorzeichen annehmen.

Aufgabe:	Eingabesequenz:	Ergebnis:
15^2	15 ← x^2	225,0000
10^6	6 ← 10^x	1.000.000,0000
5^4	5 ENTER 4 y^x	625,0000
$2^{-1,4}$	2 ENTER 1,4 +/- y^x	0,3789
$(-1,4)^3$	1,4 +/- ENTER 3 y^x	-2,7440

Um die x te Wurzel einer Zahl y zu berechnen, tippen Sie y **ENTER** x ein, dann drücken Sie **↵** **$\sqrt[y]{}$** . Für $y < 0$, muß x eine ganze Zahl sein.

Aufgabe:	Eingabefolge:	Ergebnis:
$\sqrt[3]{-125}$	125 +/- ENTER 3 ↵ $\sqrt[y]{}$	-5,0000
$\sqrt[3]{125}$	125 ENTER 3 ↵ $\sqrt[y]{}$	5,0000
$-^1\sqrt[4]{0,37893}$	0,37893 ENTER 1,4 +/- ↵ $\sqrt[y]{}$	2,0000

Trigonometrie

Eingeben von π

Drücken Sie **↵** **π** zur Eingabe der ersten 12 Stellen von π in das X-Register. (Die angezeigte Zahl hängt vom Anzeigeformat ab). Da es sich hier um eine *Funktion* handelt, muß π nicht durch Drücken von **ENTER** von einer anderen Zahl getrennt werden.

Beachten Sie, daß der Rechner π nicht *genau* darstellen kann, da π eine irrationale Zahl ist.

Einstellen des Winkelmodus

Der Winkelmodus legt fest, in welcher Winkeleinheit die Zahlenwerte bei trigonometrischen Berechnungen interpretiert werden sollen. Der Modus konvertiert *keine* bereits gespeicherten Zahlen (siehe "Konvertierungsfunktionen" später in diesem Kapitel).

$$360 \text{ Grad} = 2\pi \text{ (Radiant)} = 400 \text{ Gon}$$

Um den Winkelmodus zu festzulegen, drücken Sie  **MODES**. Wählen Sie aus dem nun angezeigten Menü eine Option aus.

Option	Beschreibung	Indikator
{DG}	Stellt Grad-Modus (DEG) ein; verwendet Dezimaldarstellung, nicht Minuten und Sekunden	keiner
{RD}	Stellt Bogenmaß (RAD) ein.	RAD
{GR}	Stellt Gon-Modus (Neugrad) ein (GRAD).	GRAD

Trigonometrische Funktionen

Der Wert x steht im X-Register und wird angezeigt.

Funktion:	Tastenfolge:
Sinus x .	
Cosinus x .	
Tangens x .	
Arcussinus x .	 
Arcuscosinus x .	 
Arcustangens x .	 

Hinweis



Berechnungen mit der irrationalen Zahl π können bei der internen 12-stelligen Genauigkeit nicht *exakt* dargestellt werden. Dies ist insbesondere bei trigonometrischen Berechnungen bemerkbar; der berechnete Sinus π (im Bogenmaß) ist z.B. nicht genau Null, sondern $-2,0676 \times 10^{-13}$, eine sehr kleine Zahl nahe Null.

Beispiel:

Weisen Sie nach, daß der Cosinus von $(5/7)\pi$ und der Cosinus von $128,57^\circ$ identisch sind (in den ersten vier Stellen).

Tastenfolge:	Anzeige	Beschreibung:
\leftarrow (MODES) {RD}		Stellt Bogenmaß als Winkelmodus ein; der Indikator RAD wird angezeigt.
\odot 5 \odot 7 (ENTER)	0,7143	5/7 in Dezimaldarstellung.
\rightarrow (π) (\times) (COS)	-0,6235	$\cos (5/7)\pi$.
\leftarrow (MODES) {DG}	-0,6235	Schaltet in Grad als Winkelmodus um (kein Indikator).
128,57 (COS)	-0,6235	Berechnet $\cos 128,57^\circ$, dessen Wert mit dem von $\cos (5/7)\pi$ übereinstimmt.

Programmierungshinweis:

Gleichungen, welche eine Umkehrfunktion einer trigonometrischen Funktion zur Bestimmung eines Winkels θ benutzen, haben oft die Form:

$$\theta = \arctan (y/x).$$

Für $x = 0$ ist y/x nicht definiert, was zu der Fehlermeldung **DIVIDE BY 0** führt. Für ein Programm wäre es daher zweckmäßig, einen Winkel θ durch eine Transformation von *Rechteck-* nach *Polarkoordinaten*, welche x, y in r, θ konvertiert, zu bestimmen. Siehe im Abschnitt "Koordinatentransformationen" weiter hinten in diesem Kapitel.

Hyperbolische Funktionen

Der Wert x steht im X-Register und wird angezeigt.

Funktion:	Tastenfolge:
Sinus hyperbolicus von x (SINH).	\leftarrow HYP SIN
Cosinus hyperbolicus von x (COSH).	\leftarrow HYP COS
Tangens hyperbolicus von x (TANH).	\leftarrow HYP TAN
Arcussinus hyperbolicus von x (ASINH).	\leftarrow HYP \leftarrow ASIN
Arcuscosinus hyperbolicus von x (ACOSH).	\leftarrow HYP \leftarrow ACOS
Arcustangens hyperbolicus von x (ATANH).	\leftarrow HYP \leftarrow ATAN

Prozentfunktionen

Die Prozentfunktionen stellen einen Sonderfall dar (verglichen mit \otimes und \odiv), da hier der Wert der Basis erhalten bleibt (im Y-Register), wenn Sie das Ergebnis der Prozentrechnung in das X-Register zurückgeben. Sie können also aufeinanderfolgende Berechnungen ausführen und dabei Basis und Prozentwert verwenden, ohne erneut die Basis eingeben zu müssen.

Ausführende Berechnungen:	Eingabefolge:
$x\%$ von y	y ENTER x \rightarrow %
Prozentuale Differenz zwischen y und x . ($y \neq 0$)	y ENTER x \rightarrow %CHG

Beispiel:

Berechnen Sie die Mehrwertsteuer in Höhe von 14% und den Bruttopreis für einen Artikel, der netto DM 15,76 kostet. Verwenden Sie FIX 2 als Anzeigeformat, um auf ganze Pfennige zu runden.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
  {FX} 2		Rundet die Anzeige auf zwei Nachkommastellen.
15,76 	15,76	
14  	2,21	Berechnet 14% Mehrwertsteuer.
	17,97	Gesamtpreis (Nettopreis + 14% Steuer).

Nehmen Sie an, daß ein DM 15,76 teurer Artikel letztes Jahr DM 16,12 kostete. Wie groß ist die prozentuale Änderung zwischen dem Preis des vergangenen Jahres und dem jetzigen Preis?

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
16,12 	16,12	
15,76  	-2,23	Dieser Preis ist um 2,23% im Vergleich zum Vorjahr gesunken.
  {FX} 4	-2,2333	Stellt wieder 4 Dezimalstellen ein.

Hinweis



Beachten Sie, daß die Reihenfolge der zwei Zahlen bei der Funktion %CHG wichtig ist. Die Reihenfolge entscheidet, ob die prozentuale Änderung positiv oder negativ ausgedrückt wird.

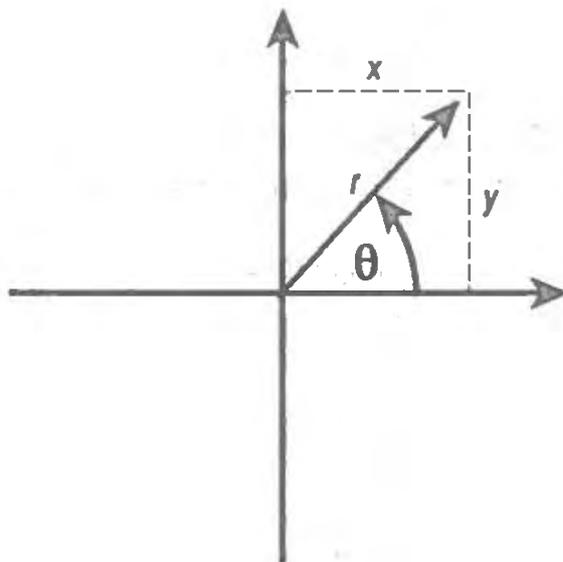
Konvertierungsfunktionen

Es gibt vier Arten von Konvertierungen: Koordinaten (Polar/Rechtecksnotation), Winkel (Grad/Bogenmaß), Zeit (Dezimal/Minuten-Sekunden) und Einheiten (cm/in, °C/°F, l/gal, Kg/lb).

Koordinatentransformationen

Die Bezeichnungen für diese Konvertierungen sind $y,x \rightarrow \theta,r$ und $\theta,r \rightarrow y,x$.

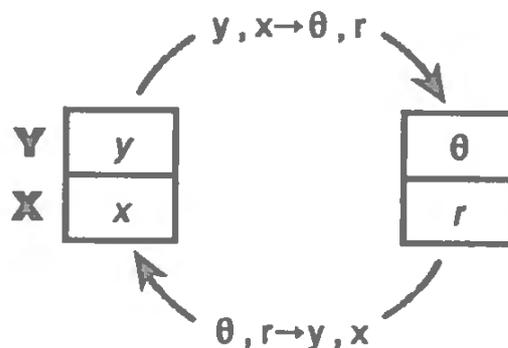
Rechteckkoordinaten (x,y) und Polarkoordinaten (r,θ) werden wie in der nachfolgenden Abbildung angegeben. Der Winkel θ wird entsprechend dem festgelegten Winkelmodus interpretiert. Ein berechnetes Ergebnis für θ liegt zwischen -180° und 180° , zwischen $-\pi$ und π , oder zwischen -200 und 200 Gon.



Um zwischen den Rechteck- und Polarkoordinaten zu konvertieren:

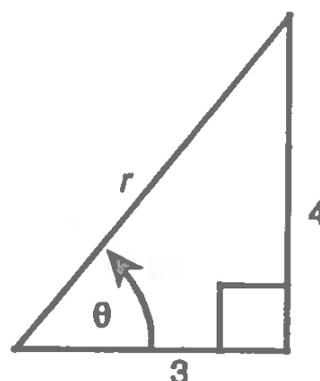
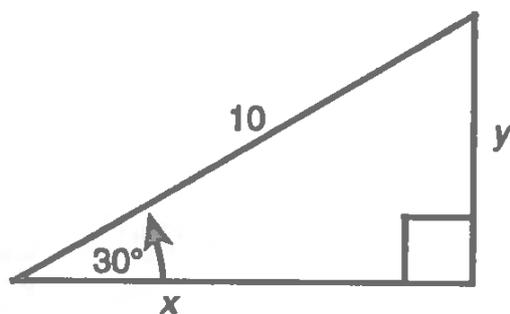
1. Geben Sie zuerst die Koordinaten (in Rechteck- oder Polarnotation) ein, welche Sie konvertieren möchten. Die Reihenfolge ist y **ENTER** x oder θ **ENTER** r .
2. Führen Sie die gewünschte Konvertierung durch: Drücken Sie **↶** **→θ,r** (Rechteck- nach Polarkoordinaten) oder **↷** **→y,x** (Polar- nach Rechteckkoordinaten). Die konvertierten Koordinaten belegen das X- und das Y-Register.

3. In der Anzeige finden Sie nun entweder r (Polarnotation) oder x (Rechtecknotation). Drücken Sie $\boxed{x \leftrightarrow y}$ um θ oder y ablesen zu können.



Beispiel: Umrechnung von Polar- nach Rechteckkoordinaten.

Bestimmen Sie für das unten links abgebildete Dreieck die Länge der Seiten x und y , beim rechten Dreieck die Länge r der Hypotenuse und den Winkel θ .

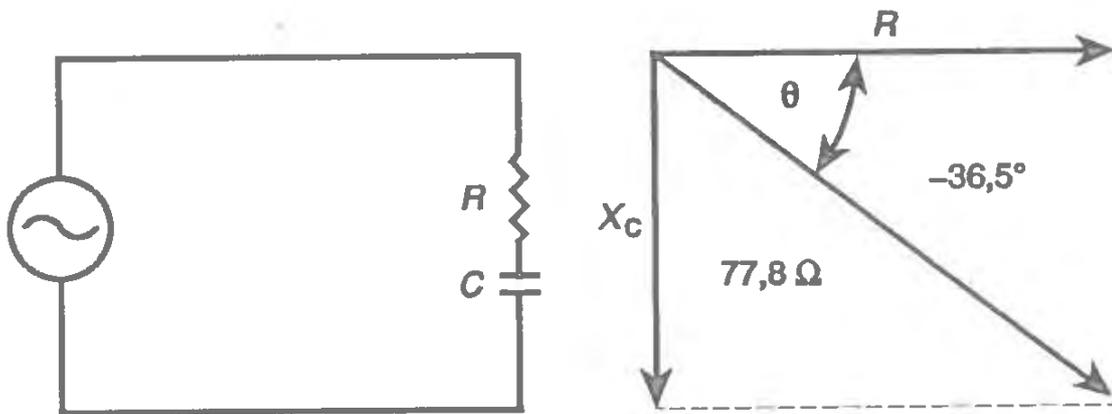


Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
$\boxed{\leftarrow}$ $\boxed{\text{MODES}}$ $\boxed{\{DG\}}$		Stellt den Winkelmodus Grad ein.
30 $\boxed{\text{ENTER}}$ 10 $\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\rightarrow y, x}$	8,6603	Berechnet x .
$\boxed{x \leftrightarrow y}$	5,0000	Anzeige von y .
4 $\boxed{\text{ENTER}}$ 3 $\boxed{\leftarrow}$ $\boxed{\rightarrow \theta, r}$	5,0000	Berechnet die Hypotenuse (r).
$\boxed{x \leftrightarrow y}$	53,1301	Anzeige von θ .

Beispiel: Konvertierung von Vektoren.

Für das nachfolgend abgebildete RC-Glied wurde eine Gesamtimpedanz von $77,8 \text{ Ohm}$ und eine Phasenverschiebung von $36,5^\circ$, um die die Spannung dem Strom nacheilt, ermittelt. Wie groß ist der Widerstand R und wie groß ist der Blindwiderstand X_c im vorliegenden Schaltkreis?

Verwenden Sie ein Zeigerdiagramm, wie abgebildet, in welchem die Impedanz dem Radius r und die Phasenverschiebung dem Winkel θ in Polarnotation entspricht. Sie erhalten die gesuchten Größen, indem Sie die gegebenen Werte in Rechteckskoordinaten umwandeln: Der x -Wert entspricht R , und y entspricht X_c (beide in Ohm).



Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow (MODES) {DG}		Stellt den Winkelmodus Grad ein.
36,5 (+/-) (ENTER)	-36,5000	Eingabe von θ , der negativen Phasenverschiebung der Spannung.
77,8	77,8_	Eingabe von r , der Gesamtimpedanz in Ohm.
\rightarrow (y,x)	62,5401	Berechnet x , den Widerstand R in Ohm.
\rightarrow (x,y)	-46,2772	Zeigt y an, den Blindwiderstand X_c .

Weitere anspruchsvolle Operationen mit Vektoren (Addition, Subtraktion, Kreuzprodukt und Skalarprodukt) finden Sie im Programm "Vektoroperationen" im Kapitel 15 ("Mathematikprogramme").

Konvertieren zwischen Zeitformaten

Zeitangaben (in Stunden bzw. *Hours, H*) oder Winkelmaße (in Grad bzw. *Degrees, D*) können zwischen einer dezimalen Darstellung (*H.h* oder *D.d*) und einem Minuten-Sekunden Format (*H.MMSSss* oder *D.MMSSss*) umgerechnet werden, indem Sie die Tasten   oder   benutzen.

Um zwischen Dezimal- und Minuten-Sekunden-Format umzurechnen:

1. Tippen Sie die Zeit oder den Winkel (im Dezimal- oder im Minuten-Sekunden -Format) ein, welchen Sie konvertieren möchten.
2. Drücken Sie   oder  . Das Ergebnis wird angezeigt.

Beispiel: Konvertieren von Zeitangaben.

Wievielen Minuten und Sekunden entspricht $1/7$ einer Stunde? Verwenden Sie FIX 6 als Anzeigeformat.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
  {FX} 6		Wählt FIX 6 als Anzeigeformat.
 1  7	0 1/7_	1/7 in Bruchdarstellung.
 	0,083429	Entspricht 8 Minuten und 34,29 Sekunden.
  {FX} 4	0,0834	Stellt wieder das Format FIX 4 ein.

Winkelkonvertierungen

Bei der Konvertierung in Bogenmaß wird angenommen, daß das X-Register einen Wert in Grad darstellt; bei der Konvertierung in Grad wird angenommen, daß es sich im X-Register um einen Wert im Bogenmaß handelt.

Um einen Winkel zwischen Grad und Bogenmaß (Radiant) umzurechnen:

1. Tippen Sie den Winkel ein (in Grad im *Dezimalformat* oder in Radiant), welcher konvertiert werden soll.
2. Drücken Sie   oder  . Das Ergebnis wird angezeigt.

Einheitenkonvertierung

Der HP 32SII besitzt acht Funktionen zur Umwandlung von Einheiten: $\rightarrow\text{kg}$, $\rightarrow\text{lb}$, $\rightarrow^{\circ}\text{C}$, $\rightarrow^{\circ}\text{F}$, $\rightarrow\text{cm}$, $\rightarrow\text{in}$, $\rightarrow\text{l}$ und $\rightarrow\text{gal}$.

Umwandlung von:	in:	Tastenfolge:	Angezeigtes Ergebnis:
1 lb	kg	1 \leftarrow $\rightarrow\text{kg}$	0,4536 (Kilogramm)
1 kg	lb	1 \rightarrow $\rightarrow\text{lb}$	2,2046 (Pfund)
32°F	°C	32 \leftarrow $\rightarrow^{\circ}\text{C}$	0,0000 (°C)
100°C	°F	100 \rightarrow $\rightarrow^{\circ}\text{F}$	212,0000 (°F)
1 in	cm	1 \leftarrow $\rightarrow\text{cm}$	2,5400 (Zentimeter)
100 cm	in	100 \rightarrow $\rightarrow\text{in}$	39,3701 (Zoll)
1 gal	l	1 \leftarrow $\rightarrow\text{l}$	3,7854 (Liter)
1 l	gal	1 \rightarrow $\rightarrow\text{gal}$	0,2642 (Gallonen)

Wahrscheinlichkeitsfunktionen

Fakultät

Um die *Fakultät* einer positiven ganzen Zahl x ($0 \leq x \leq 253$) zu berechnen, drücken Sie \leftarrow $\boxed{x!}$ (die links-umgeschaltete Taste $\boxed{1/x}$).

Gamma

Zur Berechnung der *Gammafunktion* $\Gamma(x)$, einer Zahl x , geben Sie $(x - 1)$ ein und drücken \leftarrow $\boxed{x!}$. Die Funktion $x!$ berechnet $\Gamma(x + 1)$. Der Wert von x muß nicht ganzzahlig und darf nicht negativ sein.

Wahrscheinlichkeitsfunktionen

Drücken Sie  **PROB** zur Anzeige des Menüs **PROB** (*Probability*), welches in der folgenden Tabelle erläutert ist. Es enthält Funktionen zur Berechnung von Kombinationen, Permutationen, zur Erzeugung von Startwerten für Zufallszahlen und zur Erzeugung von Zufallszahlen aus diesen Startwerten.

Menü **PROB**

Menüoption	Beschreibung
$\{C_{n,r}\}$	<i>Kombinationen.</i> Zuerst Eingabe von n , danach r (nur ganze positive Zahlen). Berechnet alle <i>Möglichkeiten</i> , n verschiedene Elemente zu Mengen mit jeweils r Elementen zusammenzufassen. Jedes Element darf nur einmal vorkommen, wobei Mengen, die die gleichen Elemente in anderer Reihenfolge enthalten, <i>nicht</i> mitgezählt werden.
$\{P_{n,r}\}$	<i>Permutationen.</i> Zuerst Eingabe von n , danach r (nur ganze positive Zahlen). Berechnet alle <i>Möglichkeiten</i> , n verschiedene Elemente zu Mengen mit jeweils r Elementen zusammenzufassen. Jedes Element darf nur einmal vorkommen, wobei Mengen, die die gleichen Elemente in unterschiedlicher Reihenfolge enthalten, <i>mitgezählt</i> werden.
$\{SD\}$	<i>Startwert.</i> Speichert die Zahl in x als neuen Startwert für den Zufallszahlengenerator.
$\{R\}$	<i>Zufallszahlengenerator.</i> Erzeugt eine Zufallszahl im Bereich $0 \leq x < 1$. (Die Zahl ist Teil einer gleichverteilten Pseudozufallszahlenfolge. Sie erfüllt den Spektraltest von D. Knuth, <i>Seminumerical Algorithms</i> , vol. 2, London: Addison Wesley, 1981.)

Die Funktion **RANDOM** (aufgerufen durch Drücken von $\{R\}$) verwendet einen Startwert zur Erzeugung einer Zufallszahl, welche als Startwert für die nächste Zufallszahl verwendet wird. Sie können daher die gleiche Folge von Zufallszahlen wiederholen, indem sie den gleichen Startwert verwenden. **SEED** (aufgerufen durch Drücken von

{SD}) erlaubt Ihnen das Eingeben eines neuen Startwertes. Beim Löschen des Speicherbereichs wird der Startwert auf 0 gesetzt.

Beispiel: Kombinationen mit Personen.

Eine Abteilung mit 14 Frauen und 10 Männern gründet ein 6köpfiges Team zur Qualitätssicherung der gefertigten Produkte. Wieviel unterschiedliche Kombinationen von Personen sind möglich?

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
24 ENTER 6	6_	Gruppen zu 6 bei einer Grundgesamtheit von 24.
→ PROB	C_n, r P_n, r SD R	Menü PROB.
{ C_n, r }	134.596,0000	Anzahl aller möglichen Kombinationen.

Wenn die Teammitglieder zufällig ausgewählt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit würden dann 6 Frauen das Team bilden? Um die *Wahrscheinlichkeit* eines Ergebnisses zu bestimmen, ist die Anzahl der Kombinationen für dieses Ergebnis durch die gesamte Anzahl von Kombinationen zu dividieren.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
14 ENTER 6	6_	14 Frauen in Gruppen zu je 6.
→ PROB { C_n, r }	3.003,0000	Anzahl von Kombinationen mit 6 weiblichen Teammitgliedern.
↔	134.596,0000	Ruft die gesamte Anzahl von Kombinationen zurück.
÷	0,0223	Dividiert Kombinationen der nur weiblichen Gruppen durch die gesamte Anzahl der Kombinationen von 6er-Gruppen. Berechnet also die Wahrscheinlichkeit für ein rein weibliches Team.

Manipulation von Zahlen

Die im Menü PARTS ( **PARTS**) enthaltenen Funktionen (siehe folgende Tabelle) sowie die Funktion  **RND** ändern die Zahl im X-Register. Diese Funktionen werden hauptsächlich beim Programmieren verwendet.

Menü PARTS

Menüoption	Beschreibung
{IP}	<i>Ganzzahliger Teil.</i> Entfernt den Nachkommateil von x und ersetzt ihn durch Nullen. (z.B. ist der ganzzahlige Teil von 14,2300 gleich 14,0000.)
{FP}	<i>Gebrochener Teil.</i> Entfernt den Vorkommateil von x und ersetzt ihn durch Nullen (z.B. ist der gebrochene Teil von 14,2300 gleich 0,2300.)
{ABS}	<i>Betrag.</i> Ersetzt x durch seinen Absolutwert.

Die Funktion RND ( **RND**) rundet x auch intern auf die Anzahl von Stellen, die durch das Anzeigeformat festgelegt sind. (Die interne Darstellung ist sonst immer 12stellig.) Im Kapitel 5 wird das Verhalten von RND in der Bruchdarstellung erläutert.

Funktionsnamen

Sie haben vielleicht schon gemerkt, daß der Name einer Funktion in der Anzeige erscheint, wenn Sie die entsprechende Funktionstaste gedrückt halten (er bleibt solange angezeigt, bis die Taste wieder freigegeben wird). So erscheint, während Sie z.B.  gedrückt halten, in der Anzeige die Bezeichnung SQRT. "SQRT" (*Square Root*) ist der Name der Funktion, wie er auch in Programmzeilen verwendet wird (und gewöhnlich ebenfalls in Gleichungen).

Brüche

In dem Abschnitt “Brüche” in Kapitel 1 werden die Prinzipien der Eingabe, der Anzeige, und des Rechnens mit Brüchen erläutert:

- Um einen Bruch einzugeben drücken Sie $\frac{\square}{\square}$ *zweimal*, und zwar zuerst nach der ganzen Zahl und dann zwischen Zähler und Nenner. Zur Eingabe von $2\frac{3}{8}$ drücken Sie die Tastenfolge 2 $\frac{\square}{\square}$ 3 $\frac{\square}{\square}$ 8. Zur Eingabe von $\frac{5}{8}$ drücken Sie die Tastenfolge $\frac{\square}{\square}$ 5 $\frac{\square}{\square}$ 8 oder 5 $\frac{\square}{\square}$ $\frac{\square}{\square}$ 8.
- Um die Bruchdarstellung ein- und auszuschalten, drücken Sie \leftarrow (FDISP). Wenn Sie die Bruchdarstellung ausschalten, wird als Anzeigeformat wieder das ursprüngliche Format gewählt. (Mit den Tasten FIX, SCI, ENG und ALL wird die Bruchdarstellung ebenfalls ausgeschaltet.)
- Funktionen behandeln Brüche genauso wie Dezimalzahlen – mit Ausnahme der Funktion RND, die später in diesem Kapitel behandelt wird.

Dieses Kapitel enthält weitere Informationen über das Rechnen mit und die Darstellung von Brüchen.

Eingabe von Brüchen

Sie können fast jede Zahl als Bruch eingeben – auch unechte Brüche (bei denen der Zähler größer ist als der Nenner). Allerdings gelten die beiden folgenden Einschränkungen:

- Der ganzzahlige Teil und der Zähler des Bruchs dürfen zusammen nicht länger als 12 Zeichen sein.
- Der Nenner darf nicht länger als 4 Zeichen sein.

Wenn Sie diese Einschränkungen nicht beachten, erscheint in der Anzeige \blacktriangle .

Beispiel:

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
 FDISP		Schaltet in die Bruchdarstellung.
1,5 ENTER	1 1/2	Eingabe von 1,5; dargestellt als Bruch.
1 0 3 0 4 ENTER	1 3/4	Eingabe von 1 3/4.
 FDISP	1,7500	Stellt x als Dezimalzahl dar.
 FDISP	1 3/4	Stellt x als Bruch dar.

Wenn Sie nicht dieselben Ergebnisse wie im Beispiel erhalten haben, könnte es daran liegen, daß Sie unbeabsichtigt die Darstellungsart gewechselt haben. (Siehe "Änderung der Darstellung von Brüchen" weiter hinten in diesem Kapitel.)

Der nächste Abschnitt enthält weitere Beispiele zur richtigen und falschen Eingabe von Brüchen.

Sie können Brüche nur im Dezimalsystem – dem normalen Zahlensystem – eingeben. Im Kapitel 10 wird erläutert, wie Sie das Zahlensystem umschalten können.

Brüche in der Anzeige

In der Bruchdarstellung rechnet der Rechner intern mit Dezimalzahlen und wählt für die Anzeige den Bruch, der von der Dezimalzahl am wenigsten abweicht. Dabei zeigen Ihnen Genauigkeits-Indikatoren die Richtung der Abweichung des Bruches im Vergleich zu seiner 12-stelligen Dezimaldarstellung. (Ausnahmen bilden die meisten statistischen Register – ihr Inhalt wird immer als Dezimalzahl angezeigt.)

Anzeigeregeln

Der Bruch, der in der Anzeige erscheint, kann von dem abweichen, den Sie eingegeben haben. In seiner Grundeinstellung stellt der Rechner einen Bruch in der Anzeige gemäß den folgenden Regeln dar. (Die Änderung dieser Regeln wird in "Änderung der Darstellung von Brüchen" später in diesem Kapitel beschrieben.)

- Die Zahl besteht aus einem ganzzahligen Teil und, falls nötig, einem echten Bruch (der Zähler ist kleiner als der Nenner).
- Der Nenner ist nicht größer als 4095.
- Der Bruch ist so weit wie möglich gekürzt.

Beispiele:

In der folgenden Tabelle finden Sie Beispiele von eingegebenen Werten und der jeweils resultierenden Anzeige. Zum Vergleich werden auch die internen 12-stelligen Werte aufgeführt. Die Indikatoren ▲ und ▼ in der letzten Spalte werden im Anschluß an die Tabelle erläutert.

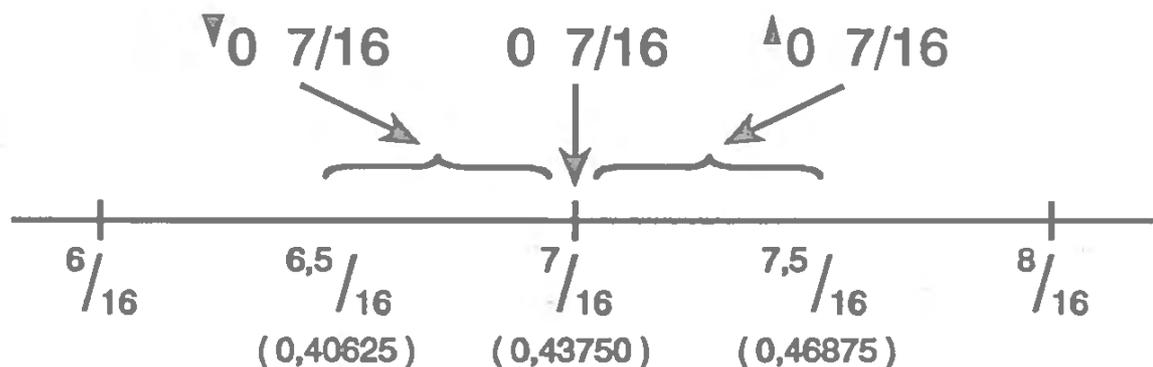
Eingegebener Wert	Interner Wert	Angezeigter Bruch
$2 \frac{3}{8}$	2,3750000000	2 3/8
$14 \frac{15}{32}$	14,4687500000	14 15/32
$\frac{54}{12}$	4,5000000000	4 1/2
$6 \frac{18}{5}$	9,6000000000	9 3/5
$\frac{34}{12}$	2,8333333333	▼ 2 5/6
$\frac{15}{8192}$	0,183105468750	▲ 0 7/3823
12345678 $\frac{12345}{3}$	(Ungültige Eingabe)	▲
$16 \frac{3}{16384}$	(Ungültige Eingabe)	▲

Genauigkeitsindikatoren

Die Abweichung eines angezeigten Bruches von dem tatsächlichen Wert wird durch die Indikatoren \blacktriangle und \blacktriangledown am oberen Rand der Anzeige angedeutet. Der Rechner vergleicht den Nachkommateil der internen 12-stelligen Zahl mit dem Wert des angezeigten Bruches.

- Wenn kein Indikator in der Anzeige erscheint, dann entspricht der Nachkommateil des internen 12-stelligen Wertes genau dem Wert des angezeigten Bruches.
- Wenn \blacktriangle in der Anzeige erscheint, ist der Nachkommateil des internen 12-stelligen Wertes geringfügig größer als der angezeigte Bruch – der *exakte* Zähler liegt um weniger als 0,5 *oberhalb* des angezeigten Zählers.
- Wenn \blacktriangledown in der Anzeige erscheint, ist der Nachkommateil des internen 12-stelligen Wertes geringfügig kleiner als der angezeigte Bruch – der *exakte* Zähler liegt um weniger als 0,5 *unterhalb* des angezeigten Zählers.

Die folgende Darstellung zeigt den angezeigten Bruch im Verhältnis zu benachbarten Werten auf der Zahlengeraden- \blacktriangle bedeutet, daß der exakte Zähler "geringfügig oberhalb" des angezeigten Zählers liegt, und \blacktriangledown bedeutet, daß der exakte Zähler "geringfügig unterhalb" liegt.



Dieser Zusammenhang ist besonders wichtig, wenn Sie die Regeln bezüglich der Anzeige von Brüchen ändern. (Dies wird im Abschnitt "Änderung der Darstellung von Brüchen" weiter hinten im Handbuch erläutert.) Wenn Sie zum Beispiel festlegen, daß alle Brüche den Nenner 5 haben sollen, dann erscheint $\frac{2}{3}$ in der Anzeige als $\blacktriangle \frac{3}{5}$, weil der exakte Bruch ungefähr $\frac{3,3333}{5}$ ist und damit "geringfügig

größer" als $3/5$. Genauso erscheint $-2/3$ als $\Delta -0 3/5$ in der Anzeige, weil der wahre Zähler betragsmäßig "geringfügig größer" ist als 3.

Wenn Sie \leftarrow **MEM** {VAR} drücken, um den Katalog VAR anzusehen, sind Δ und ∇ *keine* Anzeiger für die Genauigkeit – sondern sie zeigen Ihnen an, daß Sie Δ und ∇ benutzen können, um die Variablenliste durchzusehen. Die Genauigkeit wird nicht angezeigt.

Manchmal erscheint ein Indikator in der Anzeige, wenn Sie es nicht erwarten würden. Wenn Sie zum Beispiel $2 \frac{2}{3}$ eingeben, erscheint in der Anzeige $\Delta \geq 2/3$, obwohl dies die exakte Zahl ist, die Sie eingegeben haben.

Der Rechner vergleicht immer den Nachkommateil des internen genauen Werts mit dem 12-stelligen Wert des Bruchs. Wenn der interne Wert einen ganzzahligen Teil hat, dann besteht sein Nachkommateil aus weniger als 12 Stellen und kann somit nicht exakt gleich dem Bruch in der vollen 12-stelligen Darstellung sein.

Längere Brüche

Wenn der angezeigte Bruch zu lang für die Anzeige ist, beginnt die Zahl mit ... Der Nachkommateil paßt immer in die Anzeige – das Zeichen ... deutet an, daß der ganzzahlige Teil nicht ganz angezeigt werden kann. Um die Zahl vollständig in die Anzeige zu holen (in 12-stelliger Dezimaldarstellung), müssen Sie \rightarrow **SHOW** gleichzeitig gedrückt halten. (Sie können einen Bruch nicht durch die Anzeige schieben.)

Beispiel:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
14 e^x	...04 888/3125	Berechnet e^{14} .
\rightarrow SHOW	1202604,28416	Zeigt alle Dezimalstellen an.
STO A	...04 888/3125	Speichert den Wert in A
\rightarrow VIEW A	A=... 888/3125	Zeigt A an.
C C	0	Löscht x.

Änderung der Darstellung von Brüchen

In seiner Grundeinstellung stellt der Rechner eine Bruchzahl entsprechend bestimmter Regeln dar. (Beschrieben in "Anzeigeregeln" weiter vorne in diesem Kapitel.) Sie können die Regeln jedoch ändern, wenn Sie eine andere Darstellung vorziehen:

- Sie können den maximalen Nenner der angezeigten Brüche festlegen.
- Sie können aus 3 Anzeigeformaten wählen.

In den nächsten Abschnitten wird beschrieben, wie Sie dabei vorgehen müssen.

Festlegen des maximalen Nenners

Bei jedem Bruch wird der Nenner in Abhängigkeit von einem im Rechner gespeicherten Wert beeinflusst, für den in Anlehnung an die Darstellung eines Bruches in der Form $a\ b/c$ das Symbol $/c$ verwendet wird.

Der Wert $/c$ definiert in erster Linie den *maximalen* Nenner, der in der Bruchdarstellung benutzt wird – der tatsächliche Nenner wird durch das Bruchformat bestimmt (wird im nächsten Abschnitt beschrieben).

- Um den Wert für $/c$ festzulegen, tippen Sie n   ein, wobei n der maximal erwünschte Nenner ist. n darf nicht größer sein als 4095. Diese Eingabe schaltet auch die Bruchdarstellung ein.
- Um den Wert $/c$ in das X-Register zurückzurufen, tippen Sie die Tastenfolge 1   ein.
- Um den Standardwert beziehungsweise 4095 wieder zu laden, drücken Sie die Tasten 0  . (Sie können den Standardwert auch laden, indem Sie 4095 oder eine größere Zahl eingeben.) Diese Eingabe schaltet ebenfalls die Bruchdarstellung ein.

Die Funktion $/c$ benutzt den Betrag des ganzzahligen Teils der Zahl im X-Register. Sie verändert den Wert im LAST X Register nicht.

Auswahl eines Bruchformates

Der Rechner kann Brüche in drei Formaten darstellen. Die angezeigten Brüche sind immer die genauest möglichen innerhalb der Regeln des jeweiligen Formats.

- **Genauester Bruch.** Der Nenner der vollständig gekürzten Brüche kann jeden Wert zwischen Null und einschließlich dem Wert von $/c$ annehmen. Wenn Sie zum Beispiel für bestimmte Berechnungen *alle* möglichen Nenner zulassen wollen, müssen Sie für $/c$ den Wert 4095 wählen. Dies entspricht dem Standardbruchformat.
- **Faktoren des Nenners.** Die Nenner der vollständig gekürzten Brüche sind immer Faktoren des Wertes $/c$. Wenn Sie zum Beispiel Aktienpreise berechnen wollen, könnte es sein, daß Sie die Preise in der Form $53 \frac{1}{4}$ und $37 \frac{7}{8}$ wünschen (hier ist der Wert von $/c$ gleich 8). Wenn der Wert von $/c$ gleich 12 ist, sind die möglichen Nenner 2, 3, 4, 6, und 12.
- **Fester Nenner.** Hier wird immer der Wert $/c$ als Nenner gewählt – die Brüche werden nicht gekürzt. Wenn Sie zum Beispiel mit Daten aus Zeitmessungen arbeiten, könnte es sinnvoll sein, alle Werte auf 60stel zu normieren. Sie wählen den Wert $/c$ zu 60 und erhalten Anzeigen der Art $1 \frac{25}{60}$.

Um ein Bruchformat auszuwählen müssen Sie den Status von zwei *Flags* verändern. Jedes Flag kann "gesetzt" ("set") oder "rückgesetzt" ("clear") sein; bei einem der Formate ist der Zustand von Flag 9 ohne Bedeutung.

Gewünschtes Format:	Status der Flags:	
	8	9
Genauester Bruch	Clear	–
Faktoren des Nenners	Set	Clear
Fester Nenner	Set	Set

Um den Status der Flags zu ändern, führen Sie die folgenden Schritte durch. (Da Flags besonders in Programmen nützlich sind, wird Ihre Verwendung detailliert in Kapitel 13 behandelt.)

1. Drücken Sie  **FLAGS** um das Flag-Menü aufzurufen.

2. Um ein Flag zu Setzen (set), drücken Sie {SF} und geben die Nummer des Flags ein, zum Beispiel 8.

Um ein Flag zu rückzusetzen (clear), drücken Sie {CF} und geben die Nummer des Flags ein.

Wenn Sie sehen wollen, ob ein Flag gesetzt ist, drücken Sie {FS?} und geben die Nummer des Flags ein. Drücken Sie C oder D , um die Antwort YES oder NO zu löschen.

Beispiele

Die folgende Tabelle zeigt Ihnen, wie die Zahl 2,77 in den drei Bruchformaten für zwei verschiedene Werte von $/c$ aussieht.

Bruchformat	Anzeige von 2,77	
	$/c = 4095$	$/c = 16$
Genauester Bruch	2 77/100 (2,7700)	▲ 2 10/13 (2,7692)
Faktoren des Nenners	▲ 2 1051/1365 (2,7699)	▲ 2 3/4 (2,7500)
Fester Nenner	▲ 2 3153/4095 (2,7699)	▲ 2 12/16 (2,7500)

Die folgende Tabelle zeigt, wie verschiedene Zahlen in den drei Bruchformaten und für $/c$ gleich 16 dargestellt werden.

Bruchformat*	Eingegebene Zahl und angezeigter Bruch				
	2	2,5	2 ² / ₃	2,9999	2 ¹⁶ / ₂₅
Genauester Bruch	2	2 1/2	▲ 2 2/3	▼ 3	▲ 2 7/11
Faktoren des Nenners	2	2 1/2	▼ 2 11/16	▼ 3	▲ 2 5/8
Fester Nenner	2 0/16	2 8/16	▼ 2 11/16	▼ 2 16/16	▲ 2 10/16

* Für $/c$ gleich 16.

Beispiel:

Angenommen, eine Aktie hat den momentanen Wert $48 \frac{1}{4}$. Wenn der Wert um $2 \frac{5}{8}$ fallen würde, wie groß wäre der Wert der Aktie dann? Was wären dann 85 Prozent dieses Wertes?

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow [FLAGS] {SF} 8 \rightarrow [FLAGS] {CF} 9 8 \rightarrow [/c]		Setzt Flag 8, löscht Flag 9, um das Format "Faktoren des Nenners" einzustellen. Begrenzt die Auswahl für mögliche Werte des Nenners auf Teiler von 8.
48 \circ 1 \circ 4 [ENTER]	48 1/4	Eingabe des Startwerts.
2 \circ 5 \circ 8 [-]	45 5/8	Subtrahiert den Kursverlust.
85 \rightarrow [%]	\blacktriangle 38 3/4	Ermittelt den dem 85%-Wert am nächsten liegenden Bruch.

Runden von Brüchen

In der Bruchdarstellung wandelt die Funktion RND die Zahl im X-Register in die genaueste Darstellung des Bruches in dezimaler Form um. Die Rundung wird entsprechend dem momentanen Wert von /c und dem Status der Flags 8 und 9 durchgeführt. Der Genauigkeitsindikator verschwindet, wenn der Bruch exakt seiner Dezimaldarstellung entspricht. Andernfalls bleibt der Genauigkeitsindikator in der Anzeige. (Siehe Abschnitt "Genauigkeitsindikator" früher in diesem Kapitel.)

Innerhalb einer Gleichung oder eines Programms bewirkt die Funktion RND das Runden von Brüchen, wenn die Bruchdarstellung aktiviert ist.

Beispiel:

Angenommen, Sie wollen eine Strecke der Größe $56 \frac{3}{4}$ Meter, in sechs gleichgroße Abschnitte aufteilen. Wie groß ist dann jeder Abschnitt, vorausgesetzt Sie können Teilstücke der Größe $\frac{1}{16}$ Meter noch bequem messen. Wie groß ist der kumulierte Rundungsfehler?

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
16 \rightarrow $/c$		Begrenzt die Auswahl für mögliche Werte des Nenners auf Teiler von 16. (Der Status der Flags 8 und 9 sollte derselbe sein wie im vorigen Beispiel.)
56 \circ 3 \circ 4 STO D	56 $\frac{3}{4}$	Speichert die Strecke in D.
6 \div	Δ 9 $\frac{7}{16}$	Die Abschnitte sind ein bißchen länger als $9 \frac{7}{16}$ Meter.
\leftarrow RND	9 $\frac{7}{16}$	Rundet die Länge auf diesen Wert.
6 \times	56 $\frac{5}{8}$	Gesamtlänge der sechs Abschnitte.
RCL D $-$	-0 $\frac{1}{8}$	Der kumulierte Rundungsfehler.
\rightarrow FLAGS {CF} 8	-0 $\frac{1}{8}$	Löscht Flag 8.
\leftarrow FDISP	-0,1250	Schaltet Bruchdarstellung aus.

Brüche in Gleichungen

Wenn Sie eine Gleichung eingeben, können Sie eine Zahl nicht als Bruch eintippen. Innerhalb einer angezeigten Gleichung werden die numerischen Werte als Dezimalzahlen behandelt – die Bruchdarstellung wird ignoriert.

Wenn Sie eine Gleichung berechnen und Sie werden zur Eingabe von Variablenwerten aufgefordert, dann können Sie Brüche eingeben – die Werte werden im momentanen Anzeigeformat dargestellt.

In Kapitel 6 wird das Arbeiten mit Gleichungen behandelt.

Brüche in Programmen

Wenn Sie ein Programm erstellen, können Sie Zahlen in Form von Brüchen eingeben – der Bruch wird jedoch in seinen Dezimalwert umgewandelt. Alle numerischen Werte in einem Programm werden als Dezimalzahlen angezeigt – die Bruchdarstellung wird ignoriert.

Während ein Programm abläuft, werden die anzuzeigenden Werte in der Bruchdarstellung angezeigt, sofern dieser aktiviert ist. Wenn Sie durch Eingabeaufforderungen zur Eingabe von Werten aufgefordert werden, können Sie Brüche eintippen, unabhängig vom jeweiligen Anzeigemodus.

Ein Programm kann die Bruchanzeige durch Benutzung der Funktion /c und durch Setzen und Löschen der Flags 7, 8 und 9 steuern. Das Setzen von Flag 7 schaltet die Bruchdarstellung ein –  **FDISP** ist nicht programmierbar. Informationen dazu im Abschnitt “Flags” in Kapitel 13.

In den Kapiteln 12 und 13 wird das Arbeiten mit Programmen behandelt.

Eingabe und Auswertung von Gleichungen

Wie Sie Gleichungen verwenden können

Sie können Gleichungen auf dem HP 32SII auf verschiedene Arten verwenden:

- Sie können eine Gleichung aufstellen und diese umformen (dieses Kapitel).
- Sie können eine Gleichung aufstellen und unbekannte Werte bestimmen (Kapitel 7).
- Sie können das Integral einer Funktion bestimmen (Kapitel 8).

Beispiel: Berechnungen mit einer Gleichung.

Angenommen, Sie müssen häufig das Volumen eines geraden Rohrstücks berechnen. Die entsprechende Gleichung ist

$$V = 0,25 \pi d^2 l$$

hierbei ist d der Innendurchmesser des Rohrs und l ist die Länge.

Sie können die Formel nun jedesmal neu eingeben; wie zum Beispiel 0,25 **ENTER** **→** **π** **×** 2,5 **←** **x²** **×** 16 **×** zur Berechnung des Volumens eines 16 Zoll langen Rohrstückes mit einem Durchmesser von 2 1/2 Zoll (Ergebnis: 78,5398 Kubikzoll). Wenn Sie jedoch die *Gleichung* im HP 32SII abspeichern, dann "merkt" sich der Rechner den Zusammenhang zwischen Durchmesser, Länge und Volumen, so daß Sie in Zukunft zur Berechnung nur die Gleichung aufrufen müssen.

Zum Abspeichern schalten Sie den Rechner in den Gleichungsmodus und geben Sie die Gleichung mit folgender Tastenfolge ein:

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow EQN	EQN LIST TOP oder die momentane Gleichung.	Schaltet in Gleichungsmodus, angezeigt durch den Indikator EQN.
RCL	█	Eingabe einer neuen Gleichung ist möglich, angezeigt durch "█". RCL aktiviert gleichzeitig die Alphatasten, damit Sie auch Variablennamen eingeben können.
V \rightarrow =	V=█	RCL V Schreibt V und verschiebt den Cursor nach rechts.
.25	V= 0,25_	Zifferneingabe mit dem Zifferneingabe-Cursor "_".
\times \rightarrow π \times	V=0,25 $\times\pi\times$ █	\times beendet eine Zahl und stellt den Cursor "█" wieder her.
RCL D y^x 2	=0,25 $\times\pi\times D^2$ _	y^x schreibt ^.
\times RCL L	0,25 $\times\pi\times D^2\times L$ █	V= verschwindet am linken Rand der Anzeige.
ENTER	V=0,25 $\times\pi\times D^2\times$	Beendet und zeigt die Gleichung an. \rightarrow zeigt an, daß die Gleichung nicht ganz in die Anzeige paßt; wenn Sie den Rest der Gleichung in dieser Richtung sehen wollen, können Sie $\Sigma+$ drücken, angezeigt durch ∇ über $\Sigma+$.
\rightarrow SHOW	CK=5836 026,0	Zeigt die Prüfsumme und Länge der Gleichung, so daß Sie Ihre Eingabe überprüfen können.

Durch Vergleich der Prüfsumme und Länge Ihrer Gleichung mit den im Beispiel angegebenen Werten können Sie feststellen, ob Sie die Gleichung richtig eingegeben haben. (Dies wird im Abschnitt "Überprüfen von Gleichungen" am Ende dieses Kapitels genauer beschrieben.)

Werten Sie die Gleichung aus (um V zu berechnen):

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
ENTER	D? Wert	Fordert Sie zur Eingabe der Werte für die Variablen auf der rechten Seite der Gleichung auf. Erwartet zuerst den Wert für D ; Wert ist der momentane Inhalt von D .
2 ○ 1 ○ 2	D? 2 1/2_	Eingabe von $2 \frac{1}{2}$ Zoll als Bruch.
R/S	L? Wert	Speichert D , erwartet Wert für L ; Wert ist der momentane Inhalt von L .
16 R/S	V=78,5398	Speichert L ; berechnet V in Kubikzoll und speichert das Ergebnis in V .

Zusammenfassung der Operationen

Alle Gleichungen, die Sie aufstellen, werden in der *Gleichungsliste* gesichert. Diese Liste wird jedesmal angezeigt, wenn Sie den Gleichungsmodus aktivieren.

Sie benutzen bestimmte Tasten zur Durchführung von Operationen, die Gleichungen einbeziehen. Diese werden später noch genauer beschrieben.

Taste	Operation
 (EQN)	Schaltet Gleichungsmodus ein oder aus.
(ENTER)	Wertet die angezeigte Gleichung aus. Wenn die Gleichung eine <i>Zuordnung</i> ist, wird die rechte Seite ausgerechnet und das Ergebnis in der Variablen der linken Seite gespeichert. Wenn die Gleichung eine <i>Gleichsetzung</i> oder ein <i>Ausdruck</i> ist, wird der Wert berechnet wie bei (XEQ). (Siehe Abschnitt "Gleichungsarten" weiter hinten in diesem Kapitel.)
(XEQ)	Wertet die angezeigte Gleichung aus. Berechnet den Wert unter Ersetzung von "=" durch "-" sofern ein "=" vorhanden ist.
 (SOLVE)	Löst die Gleichung nach der von Ihnen benannten Variablen auf. (Siehe Kapitel 7)
 (∫)	Integriert die Gleichung entsprechend dem von Ihnen benannten Integranden. (Siehe Kapitel 8)
	Schaltet in Modus zur Bearbeitung der angezeigten Funktion; anschließendes Drücken löscht jeweils die letzte, rechte Funktion oder Variable.
 (CLEAR)	Streicht die angezeigte Gleichung aus der Gleichungsliste.
  oder  	Durchläuft die Gleichungsliste aufwärts oder abwärts.
 (SHOW)	Zeigt die Prüfsumme der angezeigten Gleichung (Überprüfungswert) und die Länge (benötigter Speicherplatz in Byte).
(C)	Verläßt den Gleichungsmodus.

Eintragen von Gleichungen in die Gleichungsliste

Die *Gleichungsliste* enthält die Gleichungen, die Sie eingegeben haben. Die Liste wird im Speicher des Rechners abgelegt. Jede Gleichung, die Sie eingeben, wird automatisch in der Gleichungsliste gesichert.

Eintrag einer Gleichung in die Gleichungsliste:

1. Stellen Sie sicher, daß der Rechner sich im normalen Operationsmodus befindet, gewöhnlich befindet sich dann eine Zahl in der Anzeige. Sie können z.B. nicht aus dem Variablen- oder dem Programmekatalog heraus den Gleichungsmodus aktivieren.
2. Drücken Sie  **EQN**. Der Indikator **EQN** zeigt an, daß der Gleichungsmodus aktiviert ist und ein Eintrag aus der Gleichungsliste angezeigt wird.
3. Beginnen Sie nun mit den Eintippen der Gleichung. Die ursprüngliche Anzeige wird durch die von Ihnen eingegebene Gleichung ersetzt; die vorherige Gleichung wird dadurch nicht verändert. Sollten Sie einen Fehler machen, drücken Sie  so oft wie nötig.
4. Drücken Sie **ENTER**, um die Gleichungseingabe abzuschließen und sich die Gleichung in die Anzeige zu holen. Die Gleichung wird in der Gleichungsliste automatisch gesichert und zwar genau nach dem Eintrag, der angezeigt wurde, bevor Sie mit dem Eintippen begannen. (Wenn Sie stattdessen  drücken, wird die Gleichung auch gesichert, aber Sie verlassen gleichzeitig den Gleichungsmodus.)

Die Länge einer Gleichung wird nur durch die Größe des verfügbaren Speicherplatzes begrenzt.

Gleichungen können Variablen, Zahlen, Funktionen und Klammersausdrücke enthalten, wie in den folgenden Abschnitten beschrieben wird. Die folgenden Beispiele veranschaulichen diese Möglichkeiten.

Variablen in Gleichungen

Sie können jede der 28 Variablen des Rechners in einer Gleichung verwenden: von A bis Z sowie i und (i) . Sie können jede Variable verwenden, so oft Sie wollen. (Informationen zu (i) finden Sie im Abschnitt "Indirekte Adressierung von Variablen und Namen" in Kapitel 13.)

Um eine Variable in die Gleichung einzufügen, drücken Sie $\boxed{\text{RCL}}$ Variable (oder $\boxed{\text{STO}}$ Variable). Wenn Sie die Taste $\boxed{\text{RCL}}$ drücken, zeigt der Indikator $A..Z$, daß Sie nun durch Drücken einer Variablentaste die entsprechende Variable in die Gleichung einfügen können.

Zahlen in Gleichungen

Sie können jede gültige Zahl in Gleichungen verwenden, *ausgenommen* Brüche und Zahlen, die nicht im Dezimalsystem dargestellt werden sind. Zahlen werden immer im Format ALL (mit bis zu 12 Stellen) angezeigt.

Wenn Sie eine Zahl in einer Gleichung verwenden, so können Sie diese mit den üblichen Tasten zur Zahleneingabe wie z.B. $\boxed{0}$, $\boxed{+/-}$, und \boxed{E} eingeben. Die Taste $\boxed{+/-}$ dürfen Sie nur nach dem Eintippen von einer oder mehrerer Ziffern drücken (Vorzeichenwechsel) und nicht zur Subtraktion.

Zu Beginn der Zahleneingabe wechselt der Cursor von "█" zu "_", der Darstellung bei numerischer Eingabe. Sobald Sie eine nichtnumerische Taste drücken, wird wieder auf den ursprünglichen Cursor umgeschaltet.

Funktionen in Gleichungen

Sie können viele Funktionen des HP 32SII in Gleichungen verwenden. Eine Liste finden Sie im Abschnitt "Gleichungsfunktionen" weiter hinten in diesem Kapitel, ebenso in Anhang F "Verzeichnis der Operationen".

Während einer Gleichungseingabe können Sie Funktionen ganz ähnlich wie bei normalen algebraischen Gleichungen eingeben:

- In normalen algebraischen Gleichungen werden bestimmte Funktionen normalerweise *zwischen* ihren Argumenten eingefügt,

6-6 Eingabe und Auswertung von Gleichungen

wie z.B. “+” und “÷”. Diese sogenannten *infix*-Operatoren werden bei der Gleichungseingabe auf dieselbe Art verwendet.

- Andere Funktionen wie z.B. “COS” und “LN” beziehen sich normalerweise auf ein oder mehrere Argumente *nach* dem Funktionsnamen. Wenn Sie solche sogenannten *prefix*-Funktionen an der entsprechenden Stelle in der Gleichung eingeben, so erzeugt der Tastendruck nach dem Funktionsnamen eine linke Klammer, so daß Sie die Argumente eingeben können.

Wenn die Funktion zwei oder mehr Argumente hat, dann drücken Sie **SPACE** (umgeschaltete Funktion der Taste **R/S**), um sie zu trennen.

Folgen noch andere Operationen, dann schließen Sie mit **→** **)** die Eingabe der Argumente ab; andernfalls müssen Sie das schließende “)”-Symbol nicht hinzufügen.

Wenn die erste Eingabe in einer Gleichung eine Funktion aus der obersten Tastenreihe des Rechners ist und wenn zusammen mit der Gleichung der Indikator **⚡** in der Anzeige steht, dann müssen Sie zuerst die Tasten **→** **SCRL** drücken, um den Indikator abzuschalten. (Weitere Informationen hierzu erhalten Sie im Abschnitt “Anzeige und Auswahl von Gleichungen” weiter hinten in diesem Kapitel.)

Klammerausdrücke in Gleichungen

Sie können Klammerausdrücke in Gleichungen einfügen, um die Reihenfolge festzulegen, in der die Operationen ausgeführt werden. Mit **→** **(** und **→** **)** fügen Sie die Klammern ein. (Weitere Informationen im Abschnitt “Reihenfolge der Operatoren”, später in diesem Kapitel.)

Beispiel: Eingabe einer Gleichung.

Geben Sie die Gleichung $r = 2 \times c \times \cos(t - a)$ ein.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow (EQN)	$V=0,25 \times \pi \times D^2 \times$	Zeigt die zuletzt benutzte Gleichung in der Gleichungsliste.
(RCL) R \rightarrow (=)	R=█	Beginnt eine neue Gleichung mit der Variablen R.
2	R= 2_	Durch Zahleneingabe wird Cursor zu “_”.
(x) (RCL) C (x)	R=2xC█	Eingabe der infix-Operatoren.
(COS)	R=2xCxCOS(█	Eingabe einer prefix-Funktion zusammen mit einer linken Klammer.
(RCL) T (-) (RCL) A \rightarrow ()	xxCxCOS(T-A)█	Eingabe des Arguments und der rechten Klammer. Diese letzte Klammer können Sie auch weglassen.
(ENTER)	R=2xCxCOS(T-	Beendet Gleichungseingabe und zeigt die Gleichung an.
\rightarrow (SHOW)	CK=56C1 018,0	Zeigt die Prüfsumme und die Länge der Gleichung an.
(C)		Verläßt den Gleichungsmodus.

Anzeige und Auswahl von Gleichungen

Die Gleichungsliste enthält die Gleichungen, die Sie eingegeben haben. Sie können die Gleichungen in die Anzeige holen und eine davon zur Benutzung auswählen.

Mögliche Anzeigen:

- Die Tasten \rightarrow (EQN) aktivieren den Gleichungsmodus, und der Indikator EQN wird angezeigt. In der Anzeige steht ein Eintrag aus der Gleichungsliste:
 - EQN LIST TOP wird angezeigt, wenn in der Gleichungsliste keine Gleichungen stehen oder wenn der Gleichungszeiger am Beginn der Liste steht.

- Die momentane Gleichung (die letzte Gleichung, die Sie angesehen haben).
2. Mit den Tasten \leftarrow \triangleup oder \leftarrow \triangledown können Sie sich den Inhalt der Liste Gleichung für Gleichung ansehen. Der Gleichungszeiger springt gegebenenfalls vom Listenende zum Anfang und umgekehrt. EQN LIST TOP markiert den "Beginn" der Liste.

Ansehen einer langen Gleichung:

1. Wenn die Gleichung, die Sie sich wie oben beschrieben in die Anzeige geholt haben, länger als 12 Zeichen ist, so werden zunächst nur die ersten 12 Zeichen dargestellt. Der Indikator \rightarrow zeigt jedoch an, daß rechts noch weitere Stellen folgen. Der Indikator \triangledown über der Taste \leftarrow $\Sigma+$ bedeutet, daß Sie die Gleichung in der Anzeige verschieben können.
2. Durch Drücken der Taste \leftarrow $\Sigma+$ verschieben Sie die Gleichung jeweils um ein Zeichen nach links und holen so die restlichen Zeichen in die Anzeige.
3. Durch Drücken der Taste \leftarrow \sqrt{x} verschieben Sie die Gleichung nach rechts. Die Indikatoren \leftarrow und \rightarrow verschwinden, wenn links bzw. rechts keine Zeichen mehr fehlen.

Mit den Tasten \rightarrow SCRL schalten Sie die Verschiebefunktion ein und aus. Wenn die Verschiebefunktion abgeschaltet ist, stehen in der Anzeige die ersten 12 Stellen der Gleichung, die Indikatoren \triangledown werden nicht angezeigt und die nicht umgeschalteten Tasten der obersten Reihe besitzen wieder die Funktionen entsprechend ihrer Beschriftung. Wenn Sie also eine neue Gleichung eingeben wollen, die mit einer Funktion aus der obersten Tastenreihe beginnt, wie z.B. LN, so müssen Sie zuerst die Verschiebefunktion ausschalten.

Auswahl einer Gleichung:

Holen Sie die Gleichung innerhalb der Gleichungsliste in die Anzeige, wie oben beschrieben. Alle Gleichungsoperationen werden auf die angezeigte Gleichung angewandt.

Beispiel: Ansehen einer Gleichung.

Sehen Sie sich die zuletzt eingegebene Gleichung an.

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow (EQN)	$R=2 \times C \times \cos(T-A)$	Zeigt die momentane Gleichung aus der Gleichungsliste.
$\Sigma+$		
$\Sigma+$	$2 \times C \times \cos(T-A)$	Zeigt zwei weitere der rechts folgenden Zeichen.
\sqrt{x}	$= 2 \times C \times \cos(T-A)$	Zeigt ein weiteres der links stehenden Zeichen.
(C)		Verläßt Gleichungsmodus.

Bearbeiten und Löschen von Gleichungen

Sie können die Gleichung, die Sie gerade eingeben, oder eine bereits in der Gleichungsliste gesicherte Gleichung bearbeiten oder löschen.

Bearbeitung einer Gleichung während der Eingabe:

1. Drücken Sie \leftarrow so oft, bis die unerwünschte Zahl oder Funktion gelöscht ist.

Wenn sie eine Dezimalzahl eingeben und der Zifferneingabe-Cursor “_” wird angezeigt, so löscht \leftarrow nur das letzte Zeichen vor dem Cursor. Wenn Sie die Zahl komplett gelöscht haben, schaltet der Rechner zurück zur Anzeige des Gleichungseingabe-Cursors “ \blacksquare ”.

Bei Anzeige des Gleichungseingabe Cursors “ \blacksquare ” löscht das Drücken von \leftarrow die Zahl oder Funktion vor dem Cursor *komplett*.

2. Geben Sie nun den Rest der Gleichung erneut ein.
3. Durch Drücken von (ENTER) (oder (C)) sichern Sie die Gleichung in der Gleichungsliste.

Verändern einer gesicherten Gleichung:

1. Wählen Sie die gewünschte Gleichung aus. (Siehe oben "Anzeige und Auswahl von Gleichungen")
2. Drücken Sie $\left[\leftarrow \right]$ (nur einmal), um mit dem Verändern der Gleichung beginnen zu können. Der Gleichungseingabe-Cursor "█" wird am Ende der Gleichung angezeigt. Die Gleichung wurde noch nicht bearbeitet.
3. Benutzen Sie $\left[\leftarrow \right]$, um die Gleichung zu bearbeiten wie oben beschrieben.
4. Drücken Sie $\left[\text{ENTER} \right]$ (oder $\left[\text{C} \right]$) um die veränderte Gleichung in der Gleichungsliste zu sichern. Dabei wird die vorherige Version überschrieben.

Löschen der Gleichung während der Eingabe:

Drücken Sie $\left[\leftarrow \right]$ $\left[\text{CLEAR} \right]$ und danach {Y}. In der Anzeige erscheint der vorhergehende Eintrag aus der Gleichungsliste.

Löschen einer gesicherten Gleichung:

1. Holen Sie die gewünschte Gleichung in die Anzeige. (Siehe oben, im Abschnitt "Anzeige und Auswahl von Gleichungen")
2. Drücken Sie $\left[\leftarrow \right]$ $\left[\text{CLEAR} \right]$. Es wird der vorhergehende Eintrag aus der Gleichungsliste gezeigt.

Wenn Sie *alle* Gleichungen löschen wollen, so geht dies nur, indem Sie sie einzeln löschen: gehen Sie dazu die Liste durch, bis Sie zu EQN LIST TOP kommen, dann drücken Sie $\left[\leftarrow \right]$ $\left[\blacktriangle \right]$ und danach $\left[\leftarrow \right]$ $\left[\text{CLEAR} \right]$ bei jeder angezeigten Gleichung, bis EQN LIST TOP wieder erscheint.

Beispiel: Verändern einer Gleichung.

Entfernen Sie die nicht erforderliche rechte Klammer in der Gleichung im vorigen Beispiel.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
 	R=2×C×COS(T-	Zeigt die momentane Gleichung der Gleichungsliste.
	×C×COS(T-A)■	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und zeigt den Cursor "■" am Ende der Gleichung.
	2×C×COS(T-A■	Entfernt die rechte Klammer.
  	=2×C×COS(T-A	Zeigt das Ende der veränderten Gleichung in der Gleichungsliste.
		Verläßt den Gleichungsmodus.

Gleichungsarten

Der HP 32SII arbeitet mit drei Arten von Gleichungen:

- **Gleichsetzungen.** Die Gleichung enthält ein "=", und die linke Seite enthält mehr als nur eine einzelne Variable. Zum Beispiel ist $x^2 + y^2 = r^2$ eine *Gleichsetzung*.
- **Zuordnung.** Die Gleichung enthält ein "=", und auf der linken Seite steht nur eine Variable. Zum Beispiel ist $A = 0,5 \times b \times h$ eine *Zuordnung*.
- **Ausdruck.** Die Gleichung enthält *kein* ". Zum Beispiel ist $x^3 + 1$ ein *Ausdruck*.

Wenn Sie mit einer Gleichung arbeiten, können Sie alle Gleichungsarten verwenden – jedoch hat die Art der Gleichung Einfluß darauf, wie sie ausgewertet wird. Wenn Sie ein Problem mit einer Unbekannten lösen, werden Sie dazu möglicherweise eine Gleichsetzung oder eine Zuordnung verwenden. Wenn Sie eine Funktion integrieren wollen, dann nehmen Sie dazu möglicherweise einen Ausdruck.

Auswertung von Gleichungen

Eine der nützlichsten Eigenschaften von Gleichungen ist die, daß sie *ausgewertet* werden können – also numerische Werte erzeugen können. Dies ermöglicht es Ihnen, das Ergebnis einer Gleichung zu berechnen. (Dies ermöglicht Ihnen außerdem, eine Gleichung zu lösen und zu integrieren, wie in Kapitel 7 und 8 beschrieben.) Da viele Gleichungen zwei durch “=” getrennte Seiten haben, ist der Basiswert einer Gleichung die *Differenz* der Werte der beiden Seiten. Für diese Berechnung wird das “=” in einer Gleichung grundsätzlich als “-” interpretiert. Der Wert ist ein Maß dafür, wie sehr die beiden Seiten der Gleichung übereinstimmen. Beim HP 32SII gibt es zwei Tasten zur Auswertung von Gleichungen: **ENTER** und **XEQ**. Ihre Funktionen unterscheiden sich nur darin, wie sie *Zuordnungs-Gleichungen* auswerten:

- Die Funktion **XEQ** ergibt den Wert der Gleichung, ungeachtet der Art der Gleichung.
- Die Funktion **ENTER** ergibt den Wert der Gleichung, *falls* sie nicht eine Gleichung der Art *Zuordnung* ist. Bei einer *Zuordnungs-Gleichung* liefert **ENTER** nur den Wert der rechten Seite und schreibt den Wert außerdem in die Variable auf der linken Seite – die Funktion speichert den Wert in der Variablen.

Die folgende Tabelle zeigt die zwei Arten, Gleichungen auszuwerten.

Art der Gleichung	Ergebnis für ENTER	Ergebnis für XEQ
Gleichsetzung: $g(x) = f(x)$ Beispiel: $x^2 + y^2 = r^2$	$g(x) - f(x)$ $x^2 + y^2 - r^2$	
Zuordnung: $y = f(x)$ Beispiel: $A = 0,5 \times b \times h$	$f(x) *$ $0,5 \times b \times h *$	$y - f(x)$ $A - 0,5 \times b \times h$
Ausdruck: $f(x)$ Beispiel: $x^3 + 1$	$f(x)$ $x^3 + 1$	
* Speichert das Ergebnis auch in der linksseitigen Variablen, z.B. A.		

Auswerten einer Gleichung:

- Holen Sie die gewünschte Gleichung in die Anzeige. (Siehe oben, unter "Anzeige und Auswahl von Gleichungen".)
- Drücken Sie **ENTER** oder **XEQ**. Der Rechner fordert Sie nun zur Eingabe eines Werts für jede verwendete Variable auf. (Falls Sie das Zahlensystem gewechselt haben, schaltet der Rechner automatisch zurück ins Dezimalsystem.)
- Geben Sie auf jede Aufforderung den gewünschten Wert ein:
 - Wenn der angezeigte Wert der Richtige ist, drücken Sie **R/S**.
 - Soll mit einem anderen Wert gerechnet werden, so geben Sie diesen ein und drücken dann **R/S**. (Sehen Sie hierzu auch in Abschnitt "Reaktion auf Eingabeaufforderungen", weiter hinten in diesem Kapitel, nach.)

Bei der Auswertung einer Gleichung werden keine Werte aus dem Stack verwendet, sondern nur die Zahlen in der Gleichung und die Variablenwerte. Der Wert der Gleichung wird im X-Register abgelegt. Das LAST X-Register wird davon nicht betroffen.

Auswertung mit ENTER

Wenn innerhalb der Gleichungsliste eine Gleichung angezeigt wird, können Sie **ENTER** drücken, um die Gleichung auszuwerten. (Wenn Sie beim *Eingeben* sind, so bewirkt **ENTER** nur die *Beendigung* der Gleichungseingabe – sie wird nicht ausgewertet.)

- Wenn die Gleichung eine *Zuordnung* ist, wird nur die rechte Seite ausgewertet. Das Ergebnis wird in das X-Register geschrieben und in der linksseitigen Variablen gespeichert, danach wird die Variable angezeigt. Grundsätzlich bestimmt **ENTER** immer den Wert der linksseitigen Variablen.
- Wenn die Gleichung von der Art *Gleichsetzung* oder *Ausdruck* ist, dann wird die gesamte Gleichung ausgewertet – genau wie bei **XEQ**. Das Ergebnis wird in das X-Register geschrieben.

Beispiel: Auswertung einer Gleichung mit ENTER.

Benutzen Sie die Gleichung vom Anfang dieses Kapitels, um das Volumen eines Rohres von 35 mm Durchmesser und 20 Meter Länge zu bestimmen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
    falls nötig)	$V=0,25 \times \pi \times D^2 \times$	Zeigt die gewünschte Gleichung an.
	$D?2,5000$	Beginnt mit der Auswertung der Zuordnung, der Wert wird am Ende in V abgelegt. Fordert zur Eingabe der rechtsseitigen Variablenwerte auf. Der momentane Wert von D ist 2,5000.
35 	$L?16,0000$	Speichert D , erwartet Eingabe von L , dessen momentaner Wert 16,000 ist.
20  1000  	$V=19.242.255,00$	Speichert L in Millimetern; Berechnet V in Kubikmillimetern, speichert das Ergebnis in V und zeigt V an.
 6 	19,2423	Rechnet Kubikmillimeter in Liter um (V wird dabei nicht verändert).

Verwendung von XEQ zur Auswertung

Wenn eine Gleichung in der Gleichungsliste angezeigt wird, so können Sie mit  die Gleichung auswerten. Die gesamte Gleichung wird ausgewertet, unabhängig von der Gleichungsart. Das Ergebnis wird in das X-Register geschrieben.

Beispiel: Auswertung einer Gleichung mit XEQ.

Verwenden Sie die Ergebnisse des vorigen Beispiels, um zu bestimmen, wie sehr sich das Volumen des Rohrs ändert, wenn der Durchmesser auf 35,5 Millimeter wächst.

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow EQN	$V=0,25 \times \pi \times D^2 \times$	Zeigt die gewünschte Gleichung an.
XEQ	$V?19.242.255,00$	Beginnt mit der Auswertung der Gleichung zur Bestimmung ihres Werts. Fordert zur Eingabe <i>aller</i> Variablenwerte auf.
R/S	$D?35,0000$	Der Wert von V bleibt erhalten. Erwartet Wert für D .
35,5 R/S	$L?20.000,0000$	Speichert neues D , erwartet Wert für L .
R/S	$-553.705,7051$	Der Wert für L bleibt gleich; berechnet den Wert der Gleichung – den Unterschied zwischen rechter und linker Seite.
E 6 \div	$-0,5537$	Rechnet Kubikmillimeter in Liter um.

Der Wert der Gleichung ist also das alte Volumen (der Wert von V) *minus* dem neuen Volumen (berechnet unter Verwendung des neuen D -Wertes) – das alte Volumen ist somit um den angezeigten Betrag kleiner.

Reaktion auf Eingabeaufforderungen

Während der Auswertung einer Gleichung werden Sie zur Eingabe von Werten für alle vorkommenden Variablen aufgefordert. Mit der Eingabeaufforderung zeigt Ihnen der Rechner den Namen sowie den momentanen Wert der Variablen, wie z.B. $X?2,5000$ an.

- Wenn Sie den Wert unverändert lassen wollen, drücken Sie einfach **(R/S)**.
- Um den Wert zu ändern, geben Sie den neuen Wert ein und drücken **(R/S)**. Der alte Wert im X-Register wird mit dem neuen überschrieben. Wenn Sie wollen, können Sie den Wert auch als Bruch eingeben. Wenn Sie die Zahl zuerst noch berechnen müssen, so können sie dies unter Verwendung der normalen Rechenfunktionen des Tastenfelds tun, zum Abschluß der Berechnung drücken Sie **(R/S)**. Sie können z.B. folgende Eingabe machen: 2 **(ENTER)** 5 **(y^x)** **(R/S)**.
- Wenn Sie mit der angezeigten Zahl rechnen wollen, drücken Sie einfach **(ENTER)** vor der Eingabe einer weiteren Zahl.
- Um die Eingabeaufforderung zu löschen, drücken Sie **(C)**. Der momentane Wert der Variablen verbleibt im X-Register. Wenn Sie **(C)** während der Zifferneingabe drücken, wird die Anzeige auf Null gesetzt. Drücken Sie **(C)** nochmals, um die Eingabeaufforderung zu löschen.
- Um die durch die Eingabeaufforderung verdeckten Stellen anzuzeigen, drücken Sie **(→)** **(SHOW)**.

Jede Eingabeaufforderung schreibt den Variablenwert ins X-Register und sperrt den Stack Lift (Hochschieben der Stackinhalte). Wenn Sie auf die Eingabeaufforderung hin eine Zahl eingeben, so überschreiben Sie damit den Wert im X-Register. Wenn Sie dann **(R/S)** drücken, wird der Stack Lift wieder freigegeben und der Wert bleibt somit im Stack erhalten.

Die Gleichungssyntax

Für Gleichungen gelten bestimmte Konventionen, die festlegen, wie die Gleichungen ausgewertet werden. Sie beziehen sich auf:

- Das Zusammenwirken von Operatoren
- Die Gültigkeit von Funktionen in Gleichungen
- Die Überprüfung von Gleichungen auf Syntaxfehler

Reihenfolge der Operatoren

Die Operatoren einer Gleichung werden in einer bestimmten Reihenfolge ausgeführt, die die Auswertung logisch und vorhersagbar macht:

Reihenfolge	Operator	Beispiele
1	Funktionen und Klammerausdrücke	$\text{SIN}(X+1)$, $(X+1)$
2	Vorzeichenwechsel (\oplus/\ominus)	$-A$
3	Potenzieren ($\overline{y^x}$)	X^3
4	Multiplikation und Division	$X \times Y$, $A \div B$
6	Addition und Subtraktion	$P+Q$, $A-B$
7	Gleichsetzen	$B=C$

So werden zum Beispiel alle Operationen *innerhalb* von Klammern vor den Operationen *außerhalb* der Klammern ausgeführt.

Beispiele:

Gleichung	Bedeutung
$A \times B^3 = C$	$a \times (b^3) = c$
$(A \times B)^3 = C$	$(a \times b)^3 = c$
$A + B \div C = 12$	$a + (b / c) = 12$
$(A + B) \div C = 12$	$(a + b) / c = 12$
$\%CHG(T+12, A-6)^2$	$[\%CHG((t+12), (a-6))]^2$

Sie dürfen beim Eintippen das Multiplikationssymbol vor einer Klammer nicht weglassen. Der Ausdruck $p(1-f)$ zum Beispiel muß also als $P \times (1-F)$ eingegeben werden.

Gleichungsfunktionen

In der folgenden Tabelle sind die in Gleichungen gültigen Funktionen aufgelistet. In Anhang F "Verzeichnis der Operationen" werden diese Funktionen ebenfalls aufgeführt.

LN	LOG	EXP	ALOG	SQ	SQRT
INV	IP	FP	RND	ABS	$x!$
SIN	COS	TAN	ASIN	ACOS	ATAN
SINH	COSH	TANH	ASINH	ACOSH	ATANH
\rightarrow DEG	\rightarrow RAD	\rightarrow HR	\rightarrow HMS	%CHG	XROOT
$C_{n,r}$	$P_{n,r}$	\rightarrow KG	\rightarrow LB	\rightarrow °C	\rightarrow °F
\rightarrow CM	\rightarrow IN	\rightarrow L	\rightarrow GAL	RANDOM	π
+	-	\times	\div	\wedge	
sx	sy	σx	σy	\bar{x}	\bar{y}
$\bar{x}w$	\hat{x}	\hat{y}	r	m	b
n	Σx	Σy	Σx^2	$\Sigma x^2 y^2$	Σxy

Beispiele:

Gleichung	Bedeutung
$A \times B^3 = C$	$a \times (b^3) = c$
$(A \times B)^3 = C$	$(a \times b)^3 = c$
$A + B \div C = 12$	$a + (b / c) = 12$
$(A + B) \div C = 12$	$(a + b) / c = 12$
$\%CHG(T+12 A-6)^2$	$[\%CHG((t+12), (a-6))]^2$

Sie dürfen beim Eintippen das Multiplikationssymbol vor einer Klammer nicht weglassen. Der Ausdruck $p(1-f)$ zum Beispiel muß also als $P \times (1-F)$ eingegeben werden.

Gleichungsfunktionen

In der folgenden Tabelle sind die in Gleichungen gültigen Funktionen aufgelistet. In Anhang F "Verzeichnis der Operationen" werden diese Funktionen ebenfalls aufgeführt.

LN	LOG	EXP	ALOG	SQ	SQRT
INV	IP	FP	RND	ABS	$x!$
SIN	COS	TAN	ASIN	ACOS	ATAN
SINH	COSH	TANH	ASINH	ACOSH	ATANH
\rightarrow DEG	\rightarrow RAD	\rightarrow HR	\rightarrow HMS	%CHG	XROOT
$C_{n,r}$	$P_{n,r}$	\rightarrow KG	\rightarrow LB	\rightarrow °C	\rightarrow °F
\rightarrow CM	\rightarrow IN	\rightarrow L	\rightarrow GAL	RANDOM	π
+	-	\times	\div	\wedge	
sx	sy	σx	σy	\bar{x}	\bar{y}
$\bar{x}w$	\hat{x}	\hat{y}	r	m	b
n	Σx	Σy	Σx^2	$\Sigma x^2 y^2$	Σxy

Zur Arbeitserleichterung wird beim Eintippen von vorangestellten Funktionen, die die Eingabe von ein oder zwei Argumenten verlangen, zusammen mit der Funktion eine linke Klammer angezeigt. Vorangestellte Funktionen, die zwei Argumente benötigen sind %CHG, XROOT, Cn,r und Pn,r. Trennen Sie die beiden Argumente durch ein Leerzeichen.

In einer Gleichung verwendet die Funktion XROOT die Argumente in der umgekehrten Reihenfolge wie bei der Eingabe in UPN. Zum Beispiel ist $-8 \text{ (ENTER) } 3 \sqrt[3]{}$ äquivalent zu $\text{XROOT}(3 \ -8)$.

Alle anderen Zwei-Argumente-Funktionen verarbeiten ihre Argumente in der bei UPN gewohnten Reihenfolge Y,X. Zum Beispiel ist $28 \text{ (ENTER) } 4 \{Cn,r\}$ äquivalent zu $Cn,r(28 \ 4)$.

Seien Sie bei Zwei-Argumente-Funktionen vorsichtig, wenn das zweite Argument negativ ist. Das zweite Argument darf nicht mit dem Subtraktionszeichen (\ominus) eingegeben werden. Verwenden Sie bei einer Zahl (+-) und bei einer Variablen einen Klammersausdruck und \ominus . Dies sind gültige Eingaben:

%CHG(-X -2)
 %CHG(X (-Y))

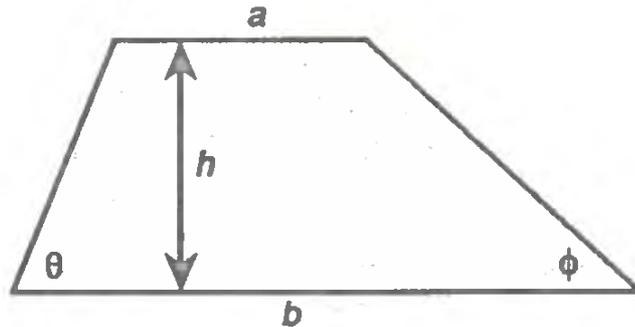
Sechs der Gleichungsfunktionen haben Namen, die sich von denen der äquivalenten UPN-Operationen unterscheiden:

UPN-Operation	Gleichungsfunktion
x^2	SQ
e^x	EXP
10^x	ALOG
$1/x$	INV
$\sqrt[y]{x}$	XROOT
y^x	^

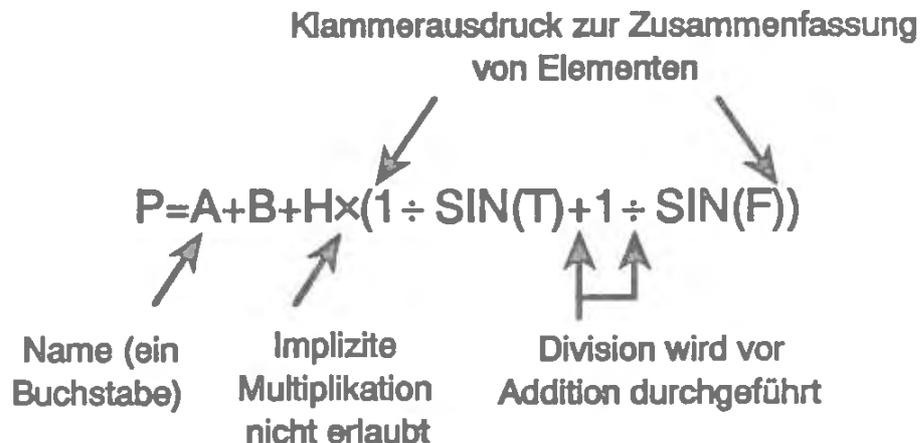
Beispiel: Trapezumfang

Mit der folgenden Gleichung wird der Umfang eines Trapezes berechnet. Die Gleichung könnte in folgender Form in einem Buch stehen:

$$\text{Umfang} = a + b + h \left(\frac{1}{\sin \theta} + \frac{1}{\sin \phi} \right)$$



Die folgende Gleichung gehorcht den Syntaxregeln für Gleichungen beim HP 32SII:



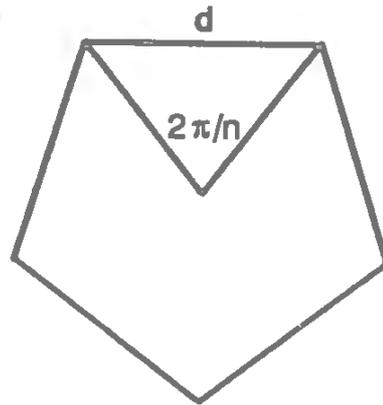
Die nächste Gleichung entspricht ebenfalls den Syntaxregeln. Diese Gleichung benutzt die Funktion "Kehrwert" $\text{INV}(\text{SIN}(T))$, anstelle der Darstellung als Bruch $1 \div \text{SIN}(T)$. Beachten Sie die Schachtelung der Funktionen: SIN ist innerhalb der INV.-Funktion "eingenistet". (INV wird durch $\boxed{1/x}$ eingegeben.)

$$P=A+B+H \times (\text{INV}(\text{SIN}(T)) + \text{INV}(\text{SIN}(F)))$$

Beispiel: Fläche eines Polygons.

Die Gleichung zur Berechnung der Fläche eines regelmäßigen Polygons mit n Seiten der Länge d ist:

$$A = \frac{1}{4} n d^2 \frac{\cos(\pi/n)}{\sin(\pi/n)}$$



Sie können diese Gleichung auch wie folgt angeben:

$$A = 0,25 \times N \times D^2 \times \text{COS}(\pi \div N) \div \text{SIN}(\pi \div N)$$

Beachten Sie, wie die Operatoren und Funktionen kombiniert sind, um die gewünschte Gleichung zu erhalten. Die Gleichung können Sie mit folgender Tastenfolge in die Gleichungsliste eintragen:

\rightarrow [EQN] [RCL] A \rightarrow [=] ,25 [x] [RCL] N [x] [RCL] D y^x 2 [x] [COS]
 \rightarrow [π] [÷] [RCL] N \rightarrow [)] [÷] [SIN] \rightarrow [π] [÷] [RCL] N \rightarrow [)] [ENTER]

Syntaxfehler

Der Rechner überprüft die Syntax einer Gleichung nicht, bis Sie die Gleichung auswerten und alle Eingaben gemacht haben – also erst dann, wenn ein Wert bestimmt wird. Sobald ein Fehler entdeckt ist, wird die Meldung **INVALID EQN** ausgegeben. Sie müssen nun die Gleichung verändern, um den Fehler zu beseitigen. (Siehe Abschnitt “Bearbeiten und Löschen von Gleichungen” früher in diesem Kapitel.)

Dadurch, daß der Rechner die Gleichungssyntax bis zur Auswertung nicht überprüft, erlaubt Ihnen der HP 32SII das Aufstellen von Gleichungen, die Sie nur als Meldungen verwenden wollen, deren Syntax also nicht stimmen muß.

Überprüfen von Gleichungen

Wenn Sie eine Gleichung ansehen – *nicht* während Sie eingeben – können Sie die Tasten  **SHOW** drücken, um zwei Dinge über die Gleichung zu erfahren: die Prüfsumme der Gleichung und ihre Länge. Halten Sie die Taste **SHOW** gedrückt, um die Werte in der Anzeige zu halten.

Die Prüfsumme ist ein vierstelliger hexadezimaler Wert, der diese Gleichung eindeutig identifiziert. Keine andere Gleichung wird denselben Wert bekommen. Wenn Sie die Gleichung falsch eingeben, dann wird Sie nicht diese Prüfsumme bekommen. Die Länge gibt die Anzahl der Byte an, die im Speicher von der Gleichung belegt werden.

Die Prüfsumme und Länge erlauben Ihnen zu überprüfen, ob Sie die Gleichung richtig eingegeben haben. Die Prüfsumme und Länge der Gleichung, die Sie in einer Beispielaufgabe eintippen, sollten mit den Werten in diesem Handbuch übereinstimmen.

Beispiel: Prüfsumme und Länge einer Gleichung.

Bestimmen Sie die Prüfsumme und Länge der Gleichung zur Berechnung des Rohrvolumens vom Anfang dieses Kapitels.

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
 EQN (  falls nötig)	$V=0,25 \times \pi \times D^2 \times$	Zeigt die gewünschte Gleichung an.
 SHOW (halten)	CK=5836 026,0	Zeigt die Prüfsumme und Länge der Gleichung an.
(loslassen)	$V=0,25 \times \pi \times D^2 \times$	Zeigt wieder die Gleichung an.
		Verläßt den Gleichungsmodus.

Lösen von Gleichungen

Im Kapitel 6 haben Sie gesehen, wie Sie mit der Funktion **ENTER** den Wert der linksseitigen Variablen in einer Gleichung vom Typ *Zuordnung* bestimmen können. Mit der Funktion SOLVE aber können Sie den Wert *jeder* Variablen in *jeder* Art von Gleichung bestimmen.

Betrachten Sie zum Beispiel die Gleichung

$$x^2 - 3y = 10$$

Wenn Sie den Wert von y in dieser Gleichung kennen, dann kann SOLVE die Unbekannte x bestimmen. Kennen Sie den Wert von x , so ist es SOLVE möglich, die Unbekannte y zu bestimmen. Dies funktioniert für "Textaufgaben" genauso:

$$\text{Aufschlag} \times \text{Kosten} = \text{Preis}$$

Sind zwei der drei Variablen bekannt, so können Sie über SOLVE die dritte Variable (Unbekannte) lösen.

Wenn die Gleichung nur eine Variable enthält, oder wenn für alle Variablen bis auf eine die Werte vorgegeben sind, dann bedeutet das Lösen für x das Auffinden der Nullstelle(n) der Gleichung. Eine Nullstelle tritt an der Stelle auf, an denen die Werte der beiden Seiten der Gleichung der Art *Gleichsetzung* oder *Zuordnung* genau gleich groß sind, oder dort, wo der Wert einer Gleichung vom Typ *Ausdruck* gleich Null wird.

Lösen einer Gleichung

Um eine Gleichung nach einer unbekanntem Variablen zu lösen, führen Sie folgende Schritte aus:

1. Drücken Sie \rightarrow **EQN** und holen Sie die gewünschte Gleichung in die Anzeige. Falls nötig tragen Sie die Gleichung, wie im Kapitel 6 unter "Eingabe von Gleichungen in die Gleichungsliste" beschrieben, in die Gleichungsliste ein.
2. Drücken Sie \rightarrow **SOLVE** und danach die Taste für die unbekannte Variable. Drücken Sie z.B. \rightarrow **SOLVE** X, um x zu bestimmen. Sie werden nun zur Eingabe von Werten für die anderen Variablen der Gleichung aufgefordert.
3. Geben Sie auf jede Aufforderung hin den entsprechenden Wert ein:
 - Wenn der Wert bereits in der entsprechenden Variablen gespeichert ist, drücken Sie **R/S**.
 - Wenn Sie einen anderen Wert verwenden wollen, dann geben Sie diesen ein oder berechnen ihn, danach drücken Sie **R/S**. (Einzelheiten hierzu entnehmen Sie dem Abschnitt "Reaktion auf Eingabeaufforderungen" im Kapitel 6.)

Durch Drücken von **C** oder **R/S** können Sie eine laufende Berechnung anhalten.

Der Wert der Nullstelle wird in der unbekanntem Variablen gespeichert und in der Anzeige angezeigt. Der Inhalt der Register ist wie folgt: das X-Register enthält die Nullstelle, das Y-Register enthält die vorangehende Schätzung und das Z-Register enthält den Funktionswert an der Nullstelle (welcher gleich Null sein sollte).

Bei sehr schwierigen mathematischen Bedingungen, für die keine definitive Lösung gefunden werden kann, erscheint in der Anzeige **NO ROOT FOUND**. Siehe Abschnitt "Überprüfen des Ergebnisses" weiter hinten in diesem Kapitel, außerdem "Interpretation von Ergebnissen" und "Wenn SOLVE keine Nullstelle finden kann" im Anhang C.

Bei bestimmten Gleichungen ist es hilfreich, ein oder zwei *Anfangsnäherungen* für die unbekanntem Variable anzugeben, bevor Sie mit dem Lösen der Gleichung beginnen. Sie können dadurch die Rechenzeit verkürzen, unrealistische (unbrauchbare) Lösungen ausschließen sowie, falls erforderlich, mehrere Lösungen bestimmen

lassen. Siehe Abschnitt "Wahl von Anfangsnäherungen" weiter hinten in diesem Kapitel.

Beispiel: Lösen der Gleichung für die gleichförmige Bewegung.

Die Gleichung für die Bewegung eines frei fallenden Objekts ist:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

Wobei s die Strecke, v_0 die Anfangsgeschwindigkeit, t die Zeit und g die Fallbeschleunigung darstellt.

Tippen Sie die Gleichung ein:

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow CLEAR {ALL} {Y}		Löscht den Speicher.
\rightarrow EQN	EQN LIST TOP oder die aktuelle Gleichung	Schaltet in den Gleichungseingabe- Modus.
RCL S \rightarrow = RCL V \times RCL T +	S=V×T+█	Beginn der Gleichungseingabe.
0,5 \times RCL G \times RCL T y^x 2	T+0,5×G×T^ 2_	
ENTER	S=V×T+0,5×G×T	Beendet die Gleichungseingabe und zeigt die Gleichung an, soweit sie in die Anzeige paßt.
\rightarrow SHOW	CK=6A92 029,0	Prüfsumme und Länge.

Die Fallbeschleunigung g ist als Variable mit aufgenommen, um Ihnen das Arbeiten mit unterschiedlichen Einheiten zu ermöglichen (9,8 m/s² oder 32,2 ft/s²).

Berechnen Sie, wie tief ein Objekt innerhalb von 5 Sekunden fällt, ausgehend vom Ruhezustand. Da Sie sich bereits im Gleichungsmodus befinden und die gewünschte Gleichung schon in der Anzeige steht, können Sie sofort mit der Bestimmung von S beginnen:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow (SOLVE)	SOLVE _	Aufforderung, die unbekannte Variable anzugeben.
S	V? Wert	S wird als zu bestimmende Variable festgelegt; verlangt Wert für V.
0 (R/S)	T? Wert	Speichert 0 in V; SOLVE verlangt Wert für T.
5 (R/S)	G? Wert	Speichert 5 in T; verlangt Wert für G.
9,8 (R/S)	SOLVING S=122,5000	Speichert 9,8 in G; SOLVE bestimmt den Wert von S.

Versuchen Sie eine andere Berechnung mit der gleichen Gleichung: Wie lange dauert es, bis ein Objekt aus dem Ruhezustand 500 Meter tief gefallen ist?

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow (EQN)	$S=V \times T + 0,5 \times G \times T$	Zeigt die Gleichung an.
\rightarrow (SOLVE) T	S? 122,5000	T wird als unbekannte Variable festgelegt; SOLVE verlangt Wert für S.
500 (R/S)	V? 0,0000	Speichert 500 in S; verlangt Wert für V.
(R/S)	G? 9,8000	Wert 0 in V bleibt erhalten; verlangt Wert für G.
(R/S)	SOLVING T=10,1015	Wert 9,8 in G bleibt erhalten; SOLVE bestimmt Wert von T.

Beispiel: Lösen der Zustandsgleichung für das ideale Gas.

Die Zustandsgleichung für ideale Gase beschreibt die Beziehung zwischen Druck, Volumen, Temperatur und der Stoffmenge (in Mol) eines idealen Gases:

$$P \times V = N \times R \times T$$

hierbei ist P der Druck (in Atmosphären oder N/m^2), V das Volumen (in Liter), N die Stoffmenge des Gases (in Mol), R die universelle Gaskonstante ($8,314 \text{ J/mol-K}$), und T die Temperatur (in Kelvin: $0^\circ\text{C} = 273,1 \text{ K}$). Eingabe der Gleichung:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow EQN RCL P \times	$P \times \blacksquare$	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und beginnt die Gleichungseingabe.
RCL V \rightarrow = RCL N \times RCL R \times RCL T	$P \times V = N \times R \times T \blacksquare$	
ENTER	$P \times V = N \times R \times T$	Beendet die Gleichungseingabe und zeigt die Gleichung an.
\rightarrow SHOW	CK=13E3 015,0	Prüfsumme und Länge.

Eine 2-Liter-Flasche enthält 0,005 Mol Kohlendioxidgas bei 24°C. Berechnen Sie den Druck unter der Voraussetzung, daß es sich um ein ideales Gas handelt. Da sich der Rechner bereits im Gleichungsmodus befindet und die gewünschte Gleichung in der Anzeige steht, können Sie sofort mit der Bestimmung von P beginnen:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow SOLVE P	V? Wert	P wird als unbekannte Variable festgelegt; SOLVE verlangt Wert für V .
2 (R/S)	N? Wert	Speichert 2 in V ; verlangt Wert für N .
0,005 (R/S)	R? Wert	Speichert 0,005 in N ; verlangt Wert für R .
0,0821 (R/S)	T? Wert	Speichert 0,0821 in R ; verlangt Wert für T .
24 (ENTER) 273,1 (+)	T? 297,1000	Berechnet T (in Kelvin).
(R/S)	SOLVING P=0,0610	Speichert 297,1 in T ; SOLVE bestimmt P in Atmosphären.

Eine 5-Liter-Flasche enthält Stickstoffgas. Der Druck beträgt 0,05 Atmosphären bei einer Temperatur von 18°C. Berechnen Sie die Dichte des Gases ($N \times 28 / V$, wobei 28 das Molekulargewicht von Stickstoff ist).

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow EQN	$P \times V = N \times R \times T$	Zeigt die Gleichung an.
\rightarrow SOLVE N	P?0,0610	N wird als unbekannte Variable festgelegt; SOLVE verlangt Wert für P .
0,05 (R/S)	V?2,0000	Speichert 0,05 in P ; verlangt Wert für V .
5 (R/S)	R?0,0821	Speichert 5 in V ; verlangt Wert für R .
(R/S)	T?297,1000	Gespeicherter Wert für R wird übernommen; verlangt Wert für T .
18 (ENTER) 273,1 (+)	T?291,1000	Berechnet T (in Kelvin).
(R/S)	SOLVING N=0,0105	Speichert 291,1 in T ; SOLVE bestimmt den Wert von N .
28 (x)	0,2929	Berechnet die Masse in Gramm, $N \times 28$.
(RCL) V (÷)	0,0586	Berechnet die Dichte in Gramm pro Liter.

Die Arbeitsweise von SOLVE

SOLVE verwendet eine iterative Prozedur zur Ermittlung einer Lösung für die unbekannte Variable. Die Prozedur beginnt mit der Auswertung der Gleichung unter Verwendung zweier Anfangsnäherungen für die unbekannte Variable. Basierend auf diesem durch die Verwendung der Näherungen erhaltenen Ergebnis erzeugt SOLVE eine neue, bessere Näherung. Dies wiederholt sich, bis SOLVE einen Wert für die Variable gefunden hat, welcher Null als Funktionswert ergibt.

SOLVE wertet eine Gleichung auf dieselbe Art aus wie **XEQ**— jedes “=” in der Gleichung wird als “-” interpretiert. Die Zustandsgleichung für ideale Gase z.B. wird in der Form $P \times V - (N \times R \times T)$ ausgewertet. Dies stellt sicher, daß an der Nullstelle der Wert der beiden Seiten einer Gleichung des Typs *Gleichsetzung* oder *Zuordnung* gleich groß und der Wert einer Gleichung des Typs *Ausdruck* gleich Null wird.

Einige Gleichungen sind schwieriger zu lösen als andere. Manchmal kann es erforderlich sein, daß Sie Anfangsnäherungen eingeben müssen, um eine Lösung aufzufinden (Siehe weiter unten “Wählen von Anfangsnäherungen für SOLVE”). Wenn SOLVE keine Nullstelle auffinden kann, wird **NO ROOT FND** angezeigt. (Im Anhang C wird die Arbeitsweise von SOLVE genauer erläutert.)

Überprüfen des Ergebnisses

Nachdem SOLVE die Berechnung beendet hat, können Sie durch Ansehen der übrigen Werte im Stack überprüfen, ob das angezeigte Ergebnis tatsächlich eine Lösung der Gleichung darstellt:

- Das X-Register (Drücken Sie \boxed{C} , um die angezeigte Variable zu löschen) enthält die Lösung (Nullstelle) der Unbekannten; den Wert, bei dem die Auswertung der Gleichung gleich Null wird.
- Das Y-Register (drücken Sie $\boxed{R\downarrow}$) enthält die vorangehende Näherung der Nullstelle. Dieser Wert sollte identisch mit dem Wert im X-Register sein. Falls *nicht*, so ist die angezeigte Nullstelle nur eine *Näherung*; die Werte im X- und Y-Register grenzen die Nullstelle ein. Diese beiden Werte sollten nahe zusammenliegen.
- Das Z-Register (drücken Sie erneut $\boxed{R\downarrow}$) enthält den Wert der Gleichung an der Nullstelle. Bei einer exakten Nullstelle muß dieser Wert gleich Null sein. Falls nicht, so ist die angezeigte Nullstelle nur eine *Näherung*; dieser Wert sollte sehr nahe bei Null liegen.

Endet eine Berechnung mit NO ROOT FND, so bedeutet dies, daß die Berechnung nicht in Richtung einer Nullstelle konvergierte. (Sie können den Wert im X-Register – die Endnäherung der Nullstelle – ansehen, wenn Sie durch Drücken von \boxed{C} oder $\boxed{\leftarrow}$ die Meldung löschen.) Die Werte im X- und Y-Register begrenzen das Intervall, das zuletzt bei der Suche nach einer Nullstelle benutzt wurde. Das Z-Register enthält den Wert der Gleichung für die Endnäherung der Nullstelle.

- Wenn die Werte des X- und Y-Registers nicht nahe beieinander liegen oder der Wert des Z-Registers nicht nahe bei Null liegt, dann ist die Endnäherung im X-Register wahrscheinlich keine Nullstelle.
- Wenn die Werte des X- und Y-Registers *nahe beieinander* liegen und der Wert des Z-Registers liegt *nahe bei Null*, dann ist die Endnäherung im X-Register möglicherweise die Approximation einer Nullstelle.

Unterbrechen einer SOLVE-Berechnung

Um die Berechnung zu unterbrechen, können Sie **C** oder **R/S** drücken. Die momentan beste Näherung der Nullstelle ist in der Variablen gespeichert. Verwenden Sie **VIEW** wenn Sie sie ansehen wollen, ohne dabei den Stackinhalt zu verändern.

Wählen von Anfangsnäherungen für SOLVE

Als Anfangsnäherungen werden verwendet:

- Die Zahl, die momentan in der Unbekannten gespeichert ist.
- Die Zahl im X-Register (der Anzeige).

Dies gilt, *unabhängig davon, ob Sie selbst diese Werte vorgegeben haben, oder ob der Rechner sie erzeugt hat*. Wenn Sie nur eine Näherung vorgeben und in der Variablen speichern, dann wird der gleiche Wert als zweite Näherung verwendet, da die Anzeige noch die soeben gespeicherte Zahl enthält. (In diesem Fall verändert der Rechner eine der Näherungen geringfügig, um zwei unterschiedliche Näherungen zu erhalten.)

Das Eingeben Ihrer eigenen Schätzwerte hat folgende Vorteile:

- Durch Eingrenzen des Suchbereichs kann die Rechenzeit verkürzt werden.
- Sind mehrere Lösungen möglich, so können die Anfangsnäherungen zu der gewünschten Lösung führen. So kann z. B. die Gleichung für die gleichförmige Bewegung

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

2 Lösungen für t besitzen. Sie erhalten das physikalisch sinnvolle Ergebnis ($t > 0$) durch Vorgabe der geeigneten Anfangsnäherungen.

Das weiter vorne in diesem Kapitel benutzte Beispiel erforderte keine Eingabe von Anfangsnäherungen für T , da im ersten Teil ein Wert für T zur Berechnung von S gespeichert wurde. Der in T verbliebene Wert stellte eine gute (realistische) Näherung dar und wurde automatisch zur Bestimmung von T verwendet.

- Erlaubt eine Gleichung nicht alle Werte für die Unbekannte, so können die richtigen Schätzwerte helfen, einen unzulässigen Wertebereich zu vermeiden. Die Gleichung:

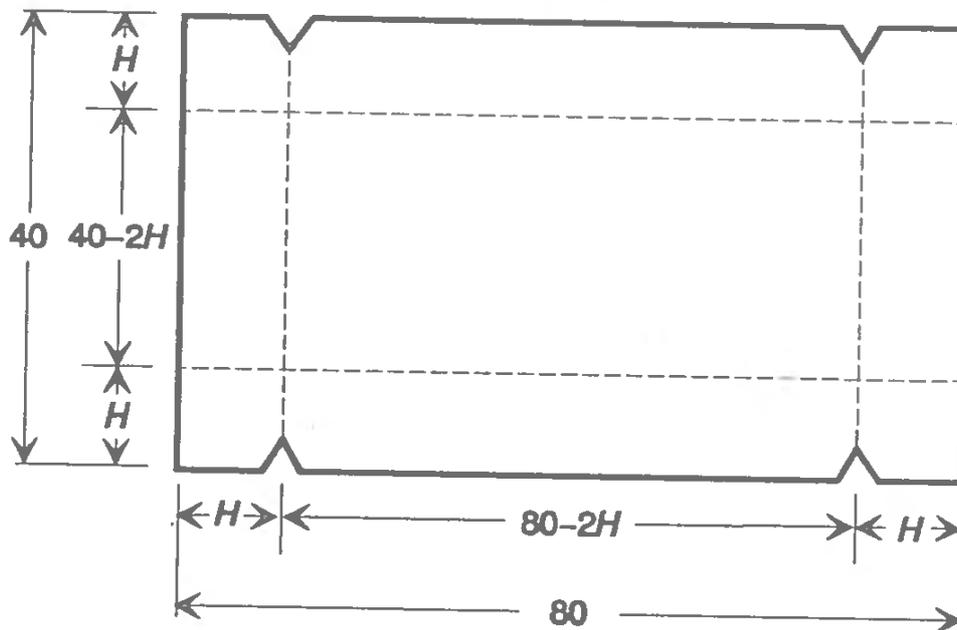
$$y = t + \log x$$

erlaubt z.B. keine Werte $x \leq 0$. Geeignete Schätzwerte helfen SOLVE, den unzulässigen Bereich zu vermeiden (Fehlermeldungen LOG(0) oder LOG(NEG).)

Im folgenden Beispiel besitzt die Gleichung mehr als eine Nullstelle, aber Schätzwerte helfen, die gewünschte zu ermitteln.

Beispiel: Verwendung von Näherungen bei der Bestimmung einer Nullstelle.

Aus einem rechteckigen Kartonstück ($80 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$) ist eine nach oben geöffnete Schachtel mit einem Volumen von 7500 cm^3 zu bilden. Sie müssen nun die Höhe bestimmen, die zu dem gewünschten Volumen führt (das Maß, um welches jede Seite umgefaltet werden muß). *Eine höhere Schachtel wird dabei einer flacheren vorgezogen.*



Wenn H die Höhe darstellt, dann ergibt sich die Länge der Schachtel zu $(80 - 2H)$ und die Breite zu $(40 - 2H)$. Das Volumen berechnet sich wie folgt:

$$V = (80 - 2H) \times (40 - 2H) \times H$$

Dies können Sie vereinfachen und eingeben in der Form

$$V = (40 - H) \times (20 - H) \times 4 \times H$$

Tippen Sie die Gleichung ein:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow EQN RCL V \rightarrow =	V=	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und beginnt die Gleichungseingabe.
\rightarrow (40 - RCL H \rightarrow)	V=(40-H)	
\times \rightarrow (20 - RCL H \rightarrow)	(0-H) \times (20-H)	
\times 4 \times RCL H	\times (20-H) \times 4 \times H	
ENTER	V=(40-H) \times (20	Beendet die Gleichungseingabe und zeigt die Gleichung an.
\rightarrow SHOW	CK=02AC 027,0	Prüfsumme und Länge.

Es ist anzunehmen, daß entweder eine hohe, schmale Schachtel oder eine flache, breite Schachtel mit dem gewünschten Volumen hergestellt werden kann. Da eine höhere Schachtel bevorzugt wird, sollten größere Werte als Anfangsnäherungen für die Höhe gemacht werden. Andererseits sind größere Werte als 20 nicht möglich, da der Karton nur 40 cm breit ist. Werte von 10 und 20 cm scheinen daher geeignet zu sein.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
C		Verläßt Gleichungsmodus.
10 STO H 20	20_	Speichert die Näherungen für die obere und untere Grenze.
EQN	$V=(40-H)\times(20$	Zeigt die aktuelle Gleichung an.
SOLVE H	$V?$ Wert	H wird als unbekannte Variable festgelegt; SOLVE erwartet Wert für V .
7500 R/S	$H=15,0000$	Speichert 7500 in V ; SOLVE bestimmt den Wert von H .

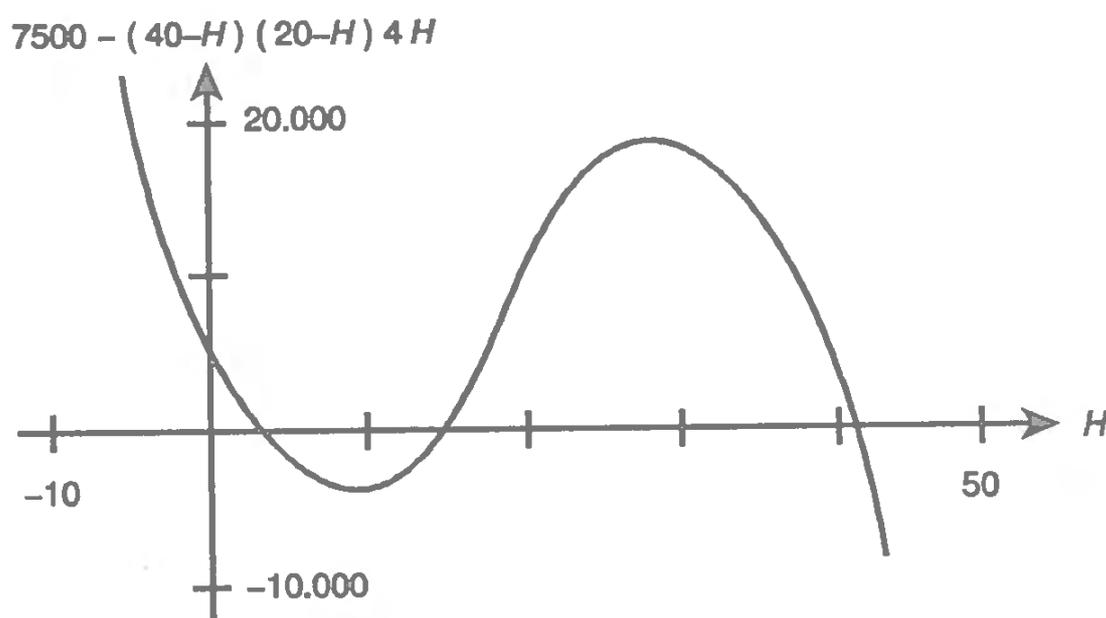
Überprüfen Sie nun die Qualität dieses Ergebnisses – d.h., ob eine genaue Nullstelle vorliegt – indem Sie die Werte der vorhergehenden Näherung für die Nullstelle (im Y-Register) und den Funktionswert an der Nullstelle (im Z-Register) ansehen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
$\text{R}\downarrow$	15,0000	Dieser Wert aus dem Y-Register stellt die letzte Näherung vor dem Endergebnis dar. Da die Zahlen gleich sind, liegt eine Nullstelle vor.
$\text{R}\downarrow$	0,0000	Dieser Wert aus dem Z-Register zeigt, daß der Funktionswert an der Nullstelle gleich Null ist.

Die Dimension der gewünschten Schachtel ist $50 \times 10 \times 15$ cm. Wenn Sie die Obergrenze für die Höhe (20 cm) ignorieren und die Anfangsnäherungen von 30 und 40 cm benutzen, erhalten Sie eine Höhe von 42,0256 cm – eine Lösung ohne physikalische Bedeutung. Falls kleine Anfangsnäherungen verwendet werden (0 und 10 cm), dann erhalten Sie eine Höhe von 2,9774 cm – was zu einer unerwünscht flachen Schachtel führt.

Wenn Sie nicht wissen, welche Näherungen Sie verwenden sollen, können Sie eine grafische Darstellung zu Hilfe nehmen, um das Verhalten der Gleichung zu verstehen. Dazu bestimmen Sie

verschiedene Funktionswerte Ihrer Gleichung. Dabei ist für jeden Punkt des Graphen die Gleichung in die Anzeige zu rufen und die Taste **XEQ** zu drücken – geben Sie dann auf die Eingabeaufforderung für den x -Wert die jeweilige x -Koordinate ein, Sie erhalten dann den zugehörigen Wert der Gleichung, die y -Koordinate. Für das obige Problem wäre immer $V = 7500$ zu setzen und der Wert von H zu variieren, um verschiedene Funktionswerte zu erhalten. Hierbei ist der Wert dieser Gleichung die Differenz zwischen der linken und der rechten Seite der Gleichung. Die Darstellung der Funktion sieht wie folgt aus:



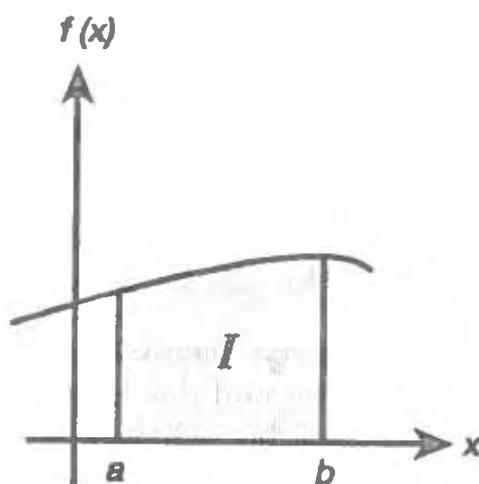
Weitere Informationen

Dieses Kapitel gibt Ihnen eine Anleitung zur Ermittlung von Unbekannten oder von Nullstellen, die in einem weiten Anwendungsbereich ausreicht. Anhang C enthält noch weitere Informationen über den Lösungsalgorithmus in SOLVE und darüber, wie Ergebnisse zu interpretieren sind, was geschieht, wenn keine Lösung gefunden werden konnte, und welche Bedingungen zu einem Fehler führen können.

Integration von Gleichungen

Viele Aufgaben, die in der Mathematik, der Wissenschaft und im Ingenieurwesen zu lösen sind, erfordern die Berechnung des bestimmten Integrals einer Funktion. Das Integral einer Funktion $f(x)$ mit einer unteren Integrationsgrenze a und der oberen Integrationsgrenze b wird mathematisch wie folgt ausgedrückt:

$$I = \int_a^b f(x) dx.$$



Die Größe I kann geometrisch als die Fläche, welche von der Kurve $f(x)$, der x -Achse und den Grenzen $x = a$ und $x = b$ begrenzt wird, betrachtet werden (vorausgesetzt, daß $f(x)$ im Integrationsintervall nicht negativ ist).

Die \int -Operation (\int FN) integriert die aktuelle Gleichung über eine definierte Integrationsvariable (\int FN dx). Die Funktion muß vorab in einem benannten Programm definiert worden sein, wobei mehr als nur eine Variable enthalten sein kann. Für \int sind nur *reelle* Zahlen zulässig.

Anwendung der Integration (\int FN)

Um eine Funktion zu integrieren gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Wenn die Gleichung, die die Integrandenfunktion definiert, nicht in der Gleichungsliste gespeichert ist, dann geben Sie sie ein (siehe "Eintragen von Gleichungen in die Gleichungsliste im Kapitel 6"), und verlassen Sie danach den Gleichungseingabe-Modus. Gewöhnlich enthält die Gleichung nur einen Ausdruck.
2. Geben Sie die Integrationsgrenzen ein: Tippen Sie die *Untergrenze* ein und drücken Sie **ENTER**, tippen Sie danach die *Obergrenze* ein.
3. Holen Sie die Gleichung in die Anzeige: Drücken Sie **EQN** und blättern Sie, falls nötig, mit den Tasten **←** **▲** oder **←** **▼** durch die Gleichungsliste, bis die gewünschte Gleichung angezeigt wird.
4. Wählen Sie die Integrationsvariable: Drücken Sie **Variable**. Damit wird die Berechnung gestartet.

Diese Operation benötigt weit mehr Speicherplatz als jede andere im Rechner verfügbare Operation. Sollte das Ausführen von \int zu der Meldung MEMORY FULL führen, so sehen Sie im Anhang B nach.

Sie können einen laufenden Integrationsprozeß anhalten, indem Sie **C** oder **R/S** drücken. (Allerdings ist im Normalfall keine Information über die Integration verfügbar, bis die Berechnung abgeschlossen ist).

Die Einstellung des Anzeigeformats beeinflusst die Stufe der Genauigkeit, die für die Funktion und das Ergebnis verwendet wird. Die Integration ist genauer, benötigt jedoch *viel mehr* Zeit, wenn Sie {ALL} oder eine höhere Stellenzahl im Modus {FX}, {SC} oder {EN} wählen. Die *Fehlerabschätzung* des Ergebnisses erscheint im Y-Register, wodurch die Integrationsgrenzen ins T- bzw. Z-Register hochgeschoben werden. Weitere Informationen finden Sie unter "Genauigkeit der Integration" weiter hinten im Kapitel

Um die gleiche Funktion mit anderen Werten zu integrieren:

Überspringen Sie die oben erwähnten ersten beiden Schritte. Wenn Sie die gleichen Integrationsgrenzen verwenden, so drücken Sie **R↓** **R↓** zum Rückruf in das X- und Y-Register. (Falls *nicht* die gleichen Grenzen verwendet werden, ist mit Schritt 2 zu beginnen).

(Zur Lösung einer anderen Aufgabenstellung unter Verwendung einer *anderen* Gleichung ist neu zu beginnen, mit einer Gleichung, die den Integranden definiert).

Beispiel: Besselsche Funktion.

Die Besselsche Funktion erster Art 0-ter Ordnung hat die Form:

$$J_0(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos(x \sin t) dt.$$

Berechnen Sie die Funktion für die x -Werte 2 und 3.

Geben Sie den Ausdruck ein, der die Funktion des Integranden bestimmt:

$$\cos(x \sin t)$$

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
CLEAR {ALL} {Y}		Löscht den Speicher.
EQN	Aktuelle Gleichung oder EQN LIST TOP	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus.
X	COS(X	Eintippen der Gleichung.
	COS(X×SIN(
T	COS(X×SIN(T	
	S(X×SIN(T))	Die rechten, abschließenden Klammern können auch weggelassen werden.
	COS(X×SIN(T)	Beendet die Gleichungseingabe und zeigt den Anfang der Gleichung an.
	CK=F93B 012,0	Prüfsumme und Länge.
		Verläßt den Gleichungseingabe-Modus.

Integrieren Sie nun die Funktion über t von 0 bis π ; $x = 2$.

Tastensequenz	Anzeige	Beschreibung
\leftarrow MODES {RD}		Stellt Winkelmodus Bogenmaß ein.
0 ENTER \rightarrow π	3,1416	Eingabe der Integrationsgrenzen (untere Grenze zuerst).
\rightarrow EQN	COS(X>SIN(T)	Zeigt die Funktion an.
\rightarrow J	\int FN d _	Verlangt die Angabe der Integrationsvariablen.
T	X? Wert	Erwartet Wert für X.
2 (R/S)	INTEGRATING $\int=0,7034$	$x = 2$. Beginn der Integration; berechnet das Ergebnis von $\int_0^\pi f(t)$.
\rightarrow π \div	0,2239	Das Endergebnis für $J_0(2)$.

Berechnen Sie nun $J_0(3)$ mit den gleichen Integrationsgrenzen. Sie müssen nicht erneut die Funktion angeben (Routine J). Die Integrationsgrenzen $(0, \pi)$ müssen allerdings erneut angegeben werden, da sie durch die abschließende Division durch π aus dem Stack geschoben wurden.

0	ENTER → π	3,1416	Eingabe der Integrationsgrenzen (untere Grenze zuerst).
	→ EQN	COS(X×SIN(T)	Zeigt die aktuelle Gleichung an.
	→ ∫	∫FN d _	Erwartet die Angabe der Integrationsvariablen.
T		X?2,0000	Erwartet Wert für X.
3	R/S	INTEGRATING ∫=-0,8170	x = 3. Beginn der Integration und Berechnung des Ergebnisses von $\int_0^{\pi} f(t)$.
	→ π ÷	-0,2601	Das Endergebnis für $J_0(3)$.

Beispiel: Integralsinus.

In der Nachrichtentechnik wird für manche Zwecke (z.B. die Impulsübertragung in idealisierten Netzwerken) ein Integral der folgenden Form (auch *Integralsinus* genannt) benötigt:

$$Si(t) = \int_0^t \left(\frac{\sin x}{x} \right) dx$$

Berechnen Sie $Si(2)$.

Tippen Sie den Ausdruck zur Bestimmung des Integranden ein:

$$\frac{\sin x}{x}$$

Der Versuch, die Funktion an der Stelle $x = 0$, der unteren Integrationsgrenze, zu berechnen, würde die Fehlermeldung (DIVIDE BY 0) zur Folge haben. Der für die Integration verwendete Algorithmus wertet jedoch die Funktion normalerweise *nicht* genau an den Integrationsgrenzen aus. Nur wenn das Integrationsintervall sehr klein oder die Anzahl der Stützstellen sehr groß ist, wird die Funktion auch an den Integrationsgrenzen ausgewertet.

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow EQN	Die aktuelle Gleichung oder EQN LIST TOP	Schaltet in den Gleichungseingabe- Modus.
SIN RCL X	SIN(X)	Beginn der Gleichungseingabe.
\rightarrow)	SIN(X)	Die abschließende rechte Klammer ist in diesem Fall erforderlich.
\div RCL X ENTER	SIN(X) \div X SIN(X) \div X	Beendet die Gleichungseingabe.
\rightarrow SHOW C	CK=4914 009,0	Prüfsumme und Länge. Verläßt den Gleichungs- eingabe-Modus.

Integrieren Sie nun die Funktion über x (d.h. X) von 0 bis 2 ($t = 2$).

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
MODES {RD}		Schaltet den Winkelmodus Bogenmaß ein.
0 ENTER 2	2_	Eingabe der Integrationsgrenzen (untere Grenze zuerst).
→ EQN	SIN(X)÷X	Anzeige der aktuellen Gleichung.
→ ∫ X	INTEGRATING ∫=1,6054	Berechnet die Lösung von \int_0^2 .

Genauigkeit der Integration

Da der Rechner ein Integral nicht exakt berechnen kann, bestimmt er eine *Approximation* für das Integral. Die Genauigkeit dieser Näherung hängt von der Genauigkeit ab, mit der die Funktion selbst durch Ihre Gleichung berechnet wird. Diese wird durch Rundungsfehler des Rechners und durch die Genauigkeit von empirischen Konstanten beeinflusst.

Es ist möglich, daß Integrale von Funktionen mit gewissen Merkmalen (wie scharfe Spitzen oder sehr schnelle Oszillationen) falsch berechnet werden. *Dies ist jedoch sehr unwahrscheinlich.* Die allgemeinen Merkmale von Funktionen, welche zu Problemen führen können, sowie Techniken, welche in diesen Fällen Abhilfe schaffen können, sind im Anhang D beschrieben.

Angabe der Genauigkeit

Das Anzeigeformat (FIX, SCI, ENG oder ALL) entscheidet mit über die *Genauigkeit* der Integration: Je mehr Stellen angezeigt werden, desto größer ist die Genauigkeit des berechneten Integrals (und desto länger ist die Rechenzeit); je weniger Stellen angezeigt werden, desto kürzer ist die Rechenzeit, wobei jedoch davon ausgegangen werden kann, daß die Funktion nur eine Genauigkeit besitzt, die der Anzahl der Stellen des Anzeigeformats entspricht.

Zur Angabe der *Integrationsgenauigkeit* ist das Anzeigeformat so zu wählen, daß *nicht mehr* Stellen angezeigt werden, als Sie im *Wert des Integranden* benötigen. Diese Genauigkeit wird dann im Integrationsergebnis erreicht.

Wenn der Bruchdarstellungs-Modus eingeschaltet ist (Flag 7 ist gesetzt), so wird die Genauigkeit durch das vorher gültige Anzeigeformat festgelegt.

Interpretation der Genauigkeit

Nach dem Berechnen des Integrals speichert der Rechner eine *Fehlerabschätzung* der Approximation im Y-Register. Drücken Sie einfach $\boxed{x\ y}$, um die Abschätzung anzuzeigen.

Ist beispielsweise das Integral von $S_i(2)$ gleich $1,6054 \pm 0,0001$, dann stellt 0,0001 die Fehlerabschätzung dar.

Beispiel: Angabe der Genauigkeit.

Wählen Sie als Anzeigeformat SCI 2 und berechnen Sie das Integral im Ausdruck für $S_i(2)$ (aus vorherigem Beispiel).

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow [DISP] {SC} 2	1,61E0	Stellt wissenschaftliche Notation mit 2 Dezimalstellen ein und legt damit fest, daß alle Werte auf zwei Stellen genau sind.
[R↓] [R↓]	2,00E0	Schiebt die Integrationsgrenzen aus dem Z- und T-Register in das X- und Y-Register.
[→] [EQN]	SIN(X)÷X	Anzeige der aktuellen Gleichung.
[→] [∫] X	INTEGRATING ∫=1,61E0	Der approximierte Wert des Integrals auf zwei Stellen genau.
[x↔y]	1,00E-3	Die Ungenauigkeit der Approximation des Integrals.

Das Integral ist $1,61 \pm 0,00100$. Die Fehlerabschätzung läßt erkennen, daß das Ergebnis wenigstens bis auf 2 Dezimalstellen genau ist.

Wenn die Fehlerabschätzung für eine Approximation größer ausfällt, als für Sie akzeptabel ist, so können Sie die Anzahl der Dezimalstellen im Anzeigeformat erhöhen und die Integration wiederholen (vorausgesetzt, daß $f(x)$ selbst auf die angezeigten Stellen genau berechnet wird). Im allgemeinen verkleinert sich die Fehlerabschätzung im den Faktor 10 für jede zusätzliche angegebene Stelle im Anzeigeformat.

Beispiel: Ändern der Genauigkeit.

Das soeben berechnete Integral von $S_i(2)$ soll jetzt bis zur vierten anstatt nur bis zur zweiten Stelle genau sein.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow [DISP] {SC} 4	1,0000E-3	Legt eine Genauigkeit von 4 Dezimalstellen fest. Die Fehlerabschätzung des letzten Beispiels wird noch immer angezeigt.
[R↓] [R↓]	2,0000E0	Schiebt die Integrationsgrenzen aus dem Z- und T-Register in das X- und Y-Register.
\rightarrow [EQN]	SIN(X)÷X	Anzeige der aktuellen Gleichung.
\rightarrow [∫] X	INTEGRATING ∫=1,6054E0	Berechnet das Ergebnis.
[x↔y]	1,0000E-5	Beachten Sie, daß die Fehlerabschätzung etwa 1/100 des vorgegebenen Wertes ist.
\leftarrow [DISP] {FX} 4	1,0000E-5	Stellt wieder das Format FIX 4 ein.
\leftarrow [MODES] {DEG}	1,0000E-5	Stellt wieder den Winkelmodus Grad ein.

Aus dieser Fehlerabschätzung läßt sich schließen, daß das Ergebnis nur bis auf vier Dezimalstellen korrekt sein *könnte*. In Wirklichkeit ist das vorliegende Ergebnis jedoch bis auf *sieben* Dezimalstellen genau, verglichen mit dem tatsächlichen Wert des Integrals. Da die Fehlerabschätzung durchweg sehr vorsichtig berechnet wird, *weisen die berechneten Approximationen im allgemeinen eine höhere Genauigkeit auf, als die Fehlerabschätzung andeutet.*

Weitere Informationen

Dieses Kapitel gibt Ihnen eine Anleitung zur Anwendung der Integration im HP 32SII, die in einem weiten Anwendungsbereich ausreicht. Anhang D enthält noch weitere Informationen über den Integrationsalgorithmus und darüber, welche Bedingungen zu einem Fehler führen können, welche Bedingungen die Rechenzeit verlängern können und wie Sie die momentane Approximation eines Integrals erhalten können.

Operationen mit komplexen Zahlen

Der HP 32SII ermöglicht Ihnen Berechnungen mit komplexen Zahlen, d.h. Zahlen, die in der Form

$$x + iy$$

vorliegen. Er enthält Operationen für komplexe Arithmetik (+, -, ×, ÷), komplexe Trigonometrie (sin, cos, tan) und die mathematischen Funktionen $-z$, $1/z$, $z_1^{z_2}$, $\ln z$ und e^z (wobei z_1 und z_2 komplexe Zahlen darstellen).

Eingabe einer komplexen Zahl:

1. Tippen Sie den *Imaginärteil* ein.
2. Drücken Sie **ENTER**.
3. Tippen Sie den *Realteil* ein.

Komplexe Zahlen werden vom HP 32SII als separate Werte behandelt, d.h. Real- und Imaginärteil einer komplexen Zahl sind getrennt einzugeben. Um zwei komplexe Zahlen einzugeben, sind vier Werte einzutippen. Wenn Sie eine Operation mit komplexen Zahlen ausführen möchten, so drücken Sie **←** **CMPLX**, bevor Sie die Operatortaste drücken. Soll beispielsweise

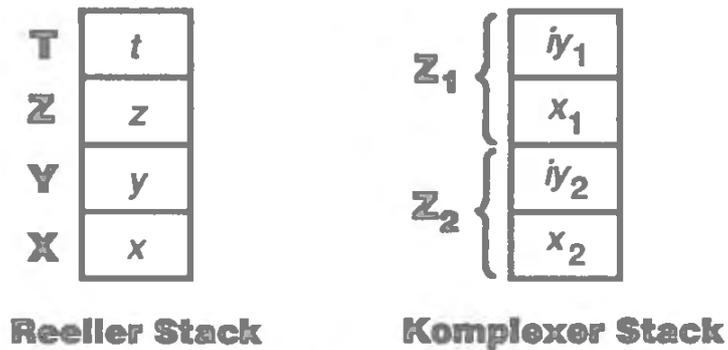
$$(2 + i4) + (3 + i5),$$

berechnet werden, so drücken Sie 4 **ENTER** 2 **ENTER** 5 **ENTER** 3 **←** **CMPLX** **+**.

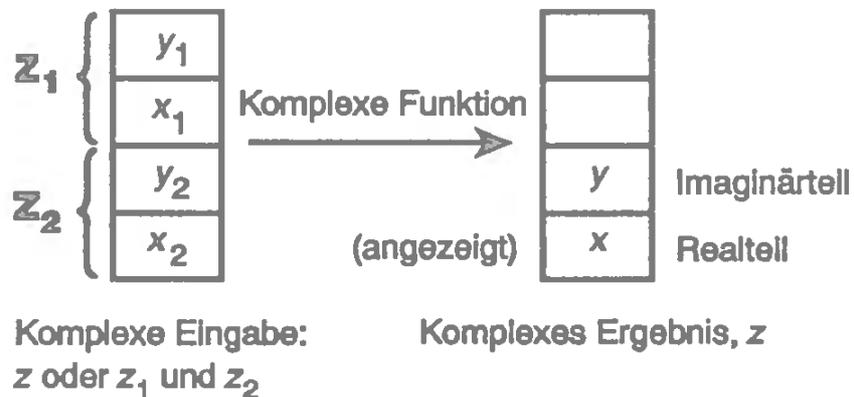
Das Ergebnis ist $5 + i9$. (Drücken Sie **x↔y** zur Anzeige des Imaginärteils).

Der komplexe Stack

Der komplexe Stack besteht in Wirklichkeit aus dem normalen Speicherstack, welcher zur Speicherung zweier komplexer Zahlen $z_{1x} + iz_{1y}$ und $z_{2x} + iz_{2y}$, in zwei Doppelregister aufgeteilt ist:



Da der Imaginär- und Realteil einer komplexen Zahl getrennt eingegeben und gespeichert werden, können Sie leicht jeden Teil für sich manipulieren.



Geben Sie immer den Imaginärteil (den y -Teil) einer komplexen Zahl zuerst ein. Nach einer Operation mit komplexen Zahlen erscheint der Realteil des Ergebnisses (z_x) in der Anzeige; drücken Sie $\boxed{x \rightarrow y}$ zur Anzeige des Imaginärteils (z_y).

Komplexe Operationen

Führen Sie Operationen mit komplexen genauso wie Operationen mit reellen Zahlen aus, nur mit dem Unterschied, daß  **CMPLX** vor der Operatortaste gedrückt wird.

Um Operationen mit einer komplexen Zahl auszuführen:

1. Geben Sie die komplexe Zahl z , welche sich aus $x + iy$ zusammensetzt, durch Eintippen von y **ENTER** x ein.
2. Wählen Sie die Funktion:

Funktionen für eine komplexe Zahl z

Zur Berechnung von:	Drücken Sie:
Vorzeichenwechsel, $-z$	 CMPLX +/-
Kehrwert, $1/z$	 CMPLX 1/x
Natürlicher Logarithmus, $\ln z$	 CMPLX LN
Exponentialfunktion, e^z	 CMPLX e^x
$\sin z$	 CMPLX SIN
$\cos z$	 CMPLX COS
$\tan z$	 CMPLX TAN

Um arithmetische Operationen mit zwei komplexen Zahlen auszuführen:

1. Geben Sie die erste komplexe Zahl, z_1 (zusammengesetzt aus $x_1 + iy_1$) durch Drücken von y_1 **ENTER** x_1 **ENTER** ein. (Für $z_1^{z_2}$ ist zuerst die Basis, z_1 , einzutippen.)
2. Geben Sie die zweite komplexe Zahl z_2 , durch Drücken von y_2 **ENTER** x_2 ein. (Für $z_1^{z_2}$ ist der Exponent, z_2 , als zweites einzutippen.)
3. Wählen Sie die gewünschte arithmetische Operation:

Arithmetik mit zwei komplexen Zahlen z_1 und z_2

Zur Berechnung von:	Drücken Sie:
Addition, $z_1 + z_2$	\leftarrow [CMPLX] [+]
Subtraktion, $z_1 - z_2$	\leftarrow [CMPLX] [-]
Multiplikation, $z_1 \times z_2$	\leftarrow [CMPLX] [x]
Division, $z_1 \div z_2$	\leftarrow [CMPLX] [\div]
Potenzfunktion, $z_1^{z_2}$	\leftarrow [CMPLX] [y^x]

Beispiele: Nachstehend einige Beispiele für trigonometrische und arithmetische Berechnungen mit komplexen Zahlen:

Berechnen Sie: $\sin(2 + i3)$.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
3 [ENTER] 2	9,1545	Realteil des Arguments.
\leftarrow [CMPLX] [SIN]		
[x^y]	-4,1689	Als Ergebnis erhalten Sie 9,1545 - i4,1689.

Werten Sie den Ausdruck

$$z_1 \div (z_2 + z_3),$$

aus, wobei $z_1 = 23 + i13$, $z_2 = -2 + i$, $z_3 = 4 - i3$.

Da der Stack nur zwei komplexe Zahlen gleichzeitig speichern kann, ist die Berechnung in der Form

$$z_1 \times [1 \div (z_2 + z_3)].$$

auszuführen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
1 ENTER 2 +/- ENTER 3 +/- ENTER	2,0000	Addiert $z_2 + z_3$; zeigt den Realteil an.
4 ← CMPLX + ← CMPLX 1/x	0,2500	$1 \div (z_2 + z_3)$.
13 ENTER 23 ← CMPLX x x/y	2,5000 9,0000	$z_1 \div (z_2 + z_3)$. Ergebnis: $2,5 + i9$.

Berechnen Sie $(4 - i2/5)(3 - i2/3)$. Verwenden Sie keine komplexe Operation, wenn Sie nur eine Komponente einer komplexen Zahl manipulieren.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
0 2 0 5 +/- ENTER	-0,4000	Eingabe des Imaginärteils der ersten komplexen Zahl in Form eines Bruches.
4 ENTER	4,0000	Eingabe des Realteils der ersten komplexen Zahl
0 2 0 3 +/- ENTER	-0,6667	Berechnet Imaginärteil der zweiten komplexen Zahl.
3 ← CMPLX x x/y	11,7333 -3,8667	Schließt Eingabe der zweiten komplexen Zahl ab und multipliziert anschließend die zwei Zahlen. Ergebnis: $11,7333 - i3,8667$.

Berechnen Sie $e^{z^{-2}}$, wobei $z = (1 + i)$. Verwenden Sie \leftarrow **CMPLEX** y^x zur Auswertung von z^{-2} ; geben Sie -2 als $-2 + i0$.

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
1 ENTER 1 ENTER 0 ENTER 2 +/- \leftarrow CMPLEX y^x	0,0000	Zwischenergebnis von $(1 + i)^{-2}$.
\leftarrow CMPLEX e^x	0,8776	Realteil von Endergebnis.
$x\rightarrow y$	-0,4794	Endergebnis: $0,8776 - i0,4794$.

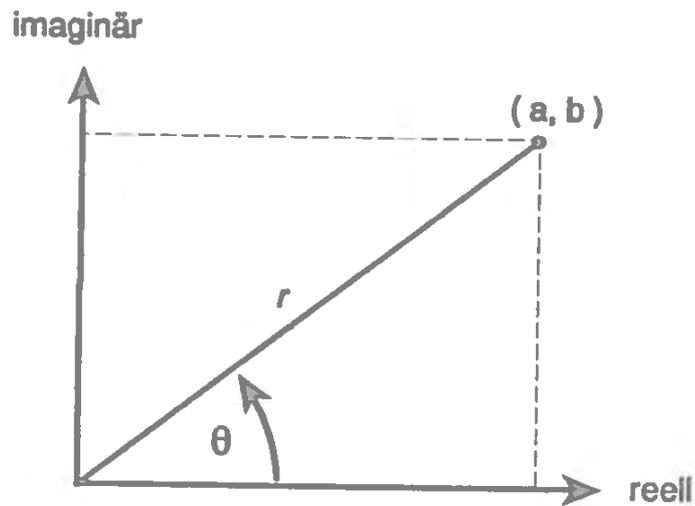
Komplexe Zahlen in Polarnotation

So wie auch sonst anstelle von kartesischen Koordinaten häufig Polarkoordinaten verwendet werden, lassen sich auch komplexe Zahlen in *Polarnotation* darstellen. Voraussetzung für Operationen mit komplexen Zahlen ist beim HP 32SII jedoch, daß diese in Rechtecknotation vorliegen. Daher sind vor solchen Operationen ggf. die Polarkoordinaten über \rightarrow $\rightarrow y,x$ in Rechteckkoordinaten zu konvertieren.

$$a + ib = r(\cos \theta + i \sin \theta) = re^{i\theta}$$

$$= r \angle \theta \quad (\text{in Polarkoordinaten})$$

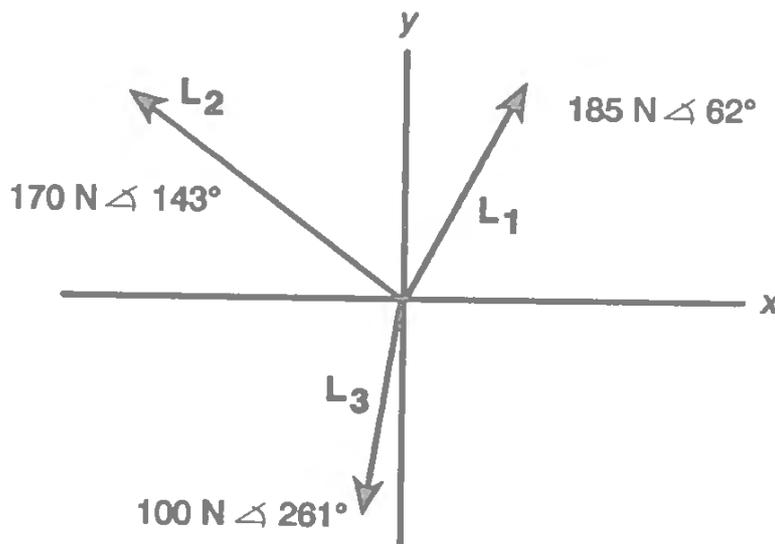
Nach der Operation kann das Ergebnis dann wieder in Polarkoordinaten konvertiert werden.



Andererseits lassen sich die Operationen für komplexe Zahlen, über die der HP 32SII verfügt, auch auf Vektoren oder Zeiger anwenden, die zwar physikalisch nicht den Charakter einer komplexen Zahl haben, jedoch ebenfalls durch Zahlenpaare (Kartesische Koordinaten oder Polarkoordinaten) dargestellt werden.

Beispiel: Vektoraddition.

Addieren Sie die nachstehenden drei Kräfte. Sie müssen dazu erst die Koordinaten von Polar- in Rechteckkoordinaten konvertieren.



Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow MODES {DG}		Stellt Winkelmodus Grad ein.
62 ENTER 185 \rightarrow $\rightarrow y,x$	86,8522	Eingabe von L_1 und Konvertierung in Rechtecksnotation.
143 ENTER 170 \rightarrow $\rightarrow y,x$	-135,7680	Eingabe und Konvertierung von L_2 .
\leftarrow CMPLX +	-48,9158	Addition der Vektoren.
261 ENTER 100 \rightarrow $\rightarrow y,x$	-15,6434	Eingabe und Konvertierung von L_3 .
\leftarrow CMPLX +	-64,5592	Addition von $L_1 + L_2 + L_3$.
\leftarrow $\rightarrow \theta,r$	178,9372	Konvertiert Vektor zurück in Polarnotation; zeigt r an.
$x \rightarrow y$	111,1489	Zeigt θ an.

Rechnen mit verschiedenen Zahlensystemen

Das Menü BASE ( **BASE**) ermöglicht Ihnen die Wahl zwischen vier verschiedenen Zahlensystemen zur Eingabe von Zahlen und zur Ausführung von Berechnungen (einschließlich Programmierung). Beim Wechsel in eine andere Zahlenbasis wird die *angezeigte* Zahl automatisch entsprechend konvertiert.

Das Menü BASE

Menüoption	Beschreibung
{DEC}	<i>Dezimalsystem.</i> Kein Indikator angezeigt. Konvertiert Zahlen zur Basis 10, mit Vor- und Nachkommateil.
{HX}	<i>Hexadezimalsystem.</i> Der Indikator HEX wird angezeigt. Konvertiert Zahlen zur Basis 16; verwendet nur ganze Zahlen. Der obersten Tastenreihe werden die Buchstaben A bis F zugewiesen.
{OC}	<i>Oktalsystem.</i> Der Indikator OCT wird angezeigt. Konvertiert Zahlen zur Basis 8; verwendet nur ganze Zahlen. Die Tasten 8 , 9 und die Erstfunktionen der oberen Tastenreihe werden deaktiviert.
{BN}	<i>Dualsystem.</i> Der Indikator BIN wird angezeigt. Konvertiert Zahlen zur Basis 2; verwendet nur ganze Zahlen. Alle Zifferntasten außer 0 und 1 und die Erstfunktionen der oberen Tastenreihe werden deaktiviert. Wenn eine Zahl mehr als 12 Stellen enthält, werden die Tasten √x und Σ+ zum Verschieben des "Anzeigefensters" aktiviert.

Beispiele: Zahlenkonvertierung in verschiedenen Zahlensystemen.

Die nachstehende Tastenfolge zeigt die Konvertierung einer Zahl in verschiedene Zahlensysteme.

Konvertieren Sie $125,99_{10}$ in HEX, OCT und BIN Darstellung.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
$125,99$ \leftarrow BASE {HX}	7D	Konvertiert nur den ganzzahligen Teil (125) der Dezimalzahl in eine Hexadezimalzahl und zeigt das Ergebnis an.
\leftarrow BASE {OC}	175	Basis 8.
\leftarrow BASE {BN}	1111101	Basis 2.
\leftarrow BASE {DEC}	125,9900	Stellt wieder Basis 10 ein.

Konvertieren Sie $24FF_{16}$ in eine Dualzahl. Das Ergebnis wird mehr als 12 Stellen (Anzeigebreite) enthalten.

\leftarrow BASE {HX} 24FF	24FF_	Verwenden Sie $\Sigma+$ zur Eingabe von "F".
\leftarrow BASE {BN}	010011111111	Die Dualzahl paßt nicht vollständig in die Anzeige. Der Indikator \leftarrow deutet an, daß die Zahl auf der linken Seite weitere Stellen enthält; der Indikator ∇ zeigt auf \sqrt{x} .
\sqrt{x}	10	Zeigt den restlichen Teil der Zahl an; die vollständige Zahl ist 10010011111111_2 .
$\Sigma+$	010011111111	Zeigt erneut die ersten 12 Stellen an.
\leftarrow BASE {DEC}	9.471,0000	Wechselt zurück zum Dezimalsystem.

Arithmetik in verschiedenen Zahlensystemen

Sie können die arithmetischen Operationen \oplus , \ominus , \otimes und \oslash in jedem Zahlensystem anwenden. Die einzigen Funktionstasten, welche außerhalb des Dezimalsystems deaktiviert sind, sind \sqrt{x} , e^x , LN , y^x , $1/x$ und $\Sigma+$. Andererseits sollten Sie daran denken, daß außer bei arithmetischen Operationen keine sinnvollen Ergebnisse erzielt werden, da die Werte jeweils auf den ganzzahligen Teil gekürzt werden. Bei der Zahlenbasis 2, 8 oder 16 werden alle Operationen über die Zweierkomplementbildung ausgeführt. Dabei sind jeweils nur ganzzahlige Werte zulässig:

- Besitzt eine Zahl einen Nachkommateil, wird nur der Vorkommateil für die arithmetische Berechnung verwendet.
- Das Ergebnis einer Operation ist immer ganzzahlig (ggf. wird der Nachkommateil abgeschnitten).

Während bei Konvertierungen nur die angezeigte Zahl verändert wird, nicht aber der Wert im X-Register, wird durch *arithmetische Operationen* auch der Inhalt des X-Registers geändert.

Kann das Ergebnis einer Operation nicht mit 36 Bits dargestellt werden, dann zeigt der Rechner **OVERFLOW** und danach die größte darstellbare positive oder negative Zahl an.

Beispiele: Nachfolgend einige Beispiele für arithmetische Operationen im Hexadezimal-, Oktal- und Dualsystem:

$$12F_{16} + E9A_{16} = ?$$

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow BASE {HX}		Stellt die Basis 16 ein; zeigt den Indikator HEX an.
12F ENTER E9A \oplus	FC9 Ergebnis.	

$$7760_8 - 4326_8 = ?$$

↶ **BASE** {OC}

7711 Stellt die Basis 8 ein; zeigt den Indikator **OCT** an.
Konvertiert die angezeigte Zahl in eine Oktalzahl.

7760 **ENTER** 4326 **=**

3432 Ergebnis.

$$100_8 \div 5_8 = ?$$

100 **ENTER** 5 **÷**

14

Ganzzahliger Teil des Ergebnisses.

$$5A0_{16} + 1001100_2 = ?$$

↶ **BASE** {HX} 5A0

5A0_ Stellt die Basis 16 ein; zeigt den Indikator **HEX** an.

↶ **BASE** {BN} 1001100

1001100_ Wechsel zur Basis 2; zeigt den Indikator **BIN** an.

Dies beendet die Zahleneingabe, womit **ENTER** nicht mehr zur Trennung zwischen den Zahlen erforderlich ist.

+

10111101100 Ergebnis im Dualsystem.

↶ **BASE** {HX}

5EC Ergebnis im Hexadezimalsystem.

↶ **BASE** {DEC}

1.516,0000 Stellt wieder das Dezimalsystem ein.

Darstellung von Zahlen

Obwohl die *Anzeige* einer Zahl sich beim Wechsel in ein anderes Zahlensystem ändert, wird der gespeicherte Wert nicht modifiziert, d.h. eine Dezimalzahl wird nicht auf den ganzzahligen Teil gekürzt – außer wenn sie in arithmetischen Berechnungen verwendet wird.

Wenn eine Zahl im Hexadezimal-, Oktal- oder Dualsystem angezeigt wird, so erscheint sie als rechtsbündige ganze Zahl mit bis zu 36 Bits (12-stellige Oktalzahl oder 9-stellige Hexadezimalzahl). Führende Nullen werden nicht angezeigt, sind aber von Bedeutung, da sie eine positive Zahl kennzeichnen. So sieht z.B. die duale Darstellung von 125_{10} wie folgt aus:

1111101

was gleichbedeutend mit diesen 36 Stellen ist:

000000000000000000000000000000001111101

Negative Zahlen

Das linke (höchstwertige) Bit eines Binärwertes stellt das Vorzeichenbit dar. Es ist für negative Zahlen 1, wobei negative Zahlen intern als Zweierkomplement des positiven Wertes dargestellt werden. Gibt es (nicht angezeigte) führende Nullen, ist das Vorzeichen-Bit 0 (positiv).

Tastensequenz	Anzeige	Beschreibung
546 \leftarrow BASE {HX}	222	Eingabe einer positiven Dezimalzahl; danach Konvertierung ins Hexadezimalsystem.
\pm	FFFFFFDDE	Zweierkomplement (Vorzeichenwechsel).
\leftarrow BASE {BN}	110111011110	Duale Darstellung; \leftarrow weist auf weitere Stellen hin.
\sqrt{x} \sqrt{x}	111111111111	Zeigt das linke Fenster an; die Zahl ist negativ, da das höchstwertige Bit 1 ist.
\leftarrow BASE {DEC}	-546,0000	Negative Dezimalzahl.

Wertebereich von Zahlen

Die Wortlänge von 36 Bits legt die Größe des Zahlenbereichs fest, in welchem hexadezimale (9 Stellen), oktale (12 Stellen) und duale Zahlen (36 Stellen) dargestellt werden können, sowie den Bereich der Dezimalzahlen, welche in ein anderes Zahlensystem konvertiert werden können.

Bereich für Zahlensystem-Konvertierungen

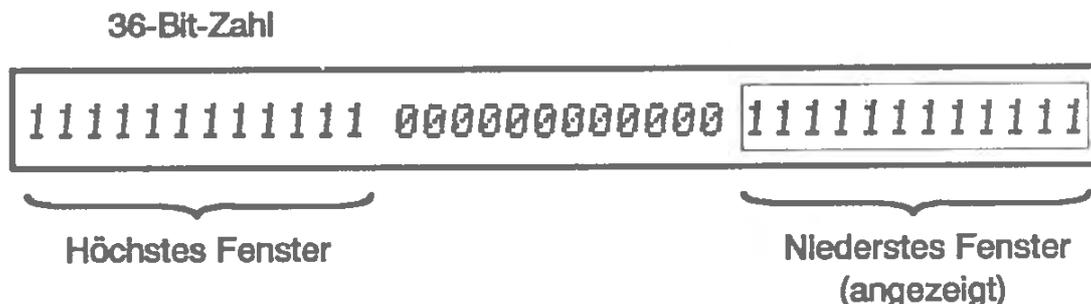
Basis	Größte positive ganze Zahl	Größte negative ganze Zahl
HEX	7FFFFFFF	800000000
DEC	34.359.738.367	-34.359.738.368
OCT	377777777777	400000000000
BIN	01111111111111111111 11111111111111111111	10000000000000000000 00000000000000000000

Bei der Eingabe von Zahlen im Hexadezimal-, Oktal- oder Dualsystem wird die Eingabe abgebrochen, wenn Sie zu viele Stellen eintippen. So verursacht z.B. der Versuch, eine 10stellige hexadezimale Zahl einzugeben, nach der neunten Stelle die Anzeige von ▲ und den Abbruch der Zahleneingabe.

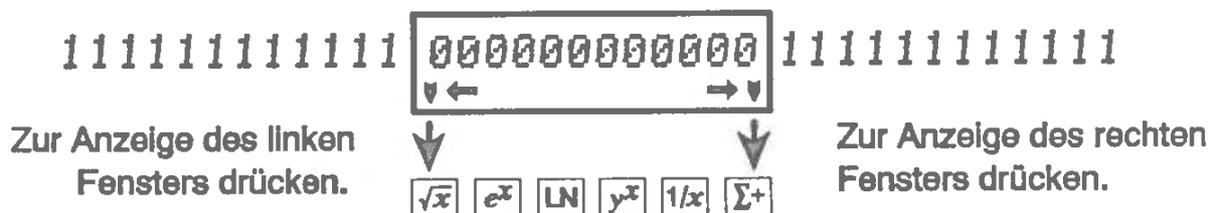
Enthält die Anzeige eine Dezimalzahl außerhalb des erlaubten Bereichs, erscheint nach dem Wechsel in ein anderes Zahlensystem die Meldung TOO BIG. Jede Operation, die zur Anzeige von TOO BIG führt, verursacht einen Überlauf, wobei die zu große Zahl durch die größtmögliche positive oder negative Zahl ersetzt wird.

Fenster für große Dualzahlen

Die größte Dualzahl umfaßt 36 Stellen – dreimal so viel Stellen, wie in die Anzeige passen. Jede 12-stellige Anzeige einer großen Dualzahl wird als *Fenster* bezeichnet.



Umfaßt eine Dualzahl mehr als 12 Stellen, dann erscheinen der Indikator \leftarrow oder \rightarrow (oder beide) in der Anzeige, um anzudeuten, auf welcher Seite noch weitere Stellen (momentan nicht sichtbar) vorhanden sind. Drücken Sie die gekennzeichnete Taste (\sqrt{x} oder $\Sigma+$), um das gewünschte Fenster anzuzeigen.



Anzeigen von nicht sichtbaren Teilen einer Zahl

Die Funktionen **VIEW** und **INPUT** arbeiten mit nichtdezimalen Zahlen genauso, wie Sie es von Dezimalzahlen her kennen. Paßt allerdings die Oktal- oder Dualzahl nicht vollständig in die Anzeige, werden die linken Stellen durch (...) ersetzt. Drücken Sie **SHOW** zur Anzeige der durch die Labels $\bar{A}=\dots$ oder $\bar{A}?\dots$ verdeckten Stellen.

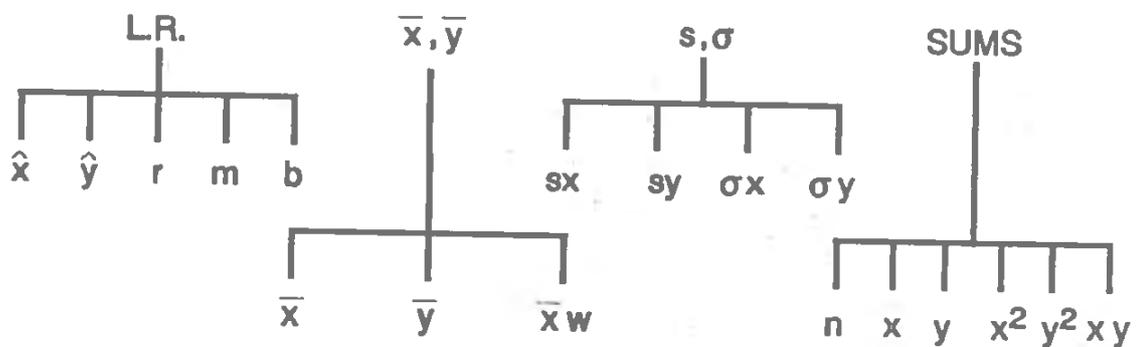
Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
INPUT BASE {OC} 123456712345	23456712345_	Eingabe einer großen Oktalzahl.
STO A	123456712345	
VIEW A	$\bar{A}=\dots$ 456712345	Verdeckt drei Stellen am linken Rand.
SHOW (gedrückt halten)	123456712345	Zeigt alle Stellen an.
INPUT BASE {DEC}	11.219.473.637,0	Wechselt zurück zum Dezimalsystem.



Statistik

Das Menü STAT (*STATistik*) bietet Ihnen Funktionen zur statistischen Analyse von Datensätzen, welche aus einer oder zwei Variablen bestehen können.

- Bei Daten einer Variablen: Mittelwert und Standardabweichung.
- Bei Daten zweier Variablen (x, y): Lineare Regression und lineare Näherung (\hat{x} und \hat{y}).
- Gewichtetes Mittel (x gewichtet mit y).
- Summenbildung für statistische Berechnungen: n , Σx , Σy , Σx^2 , Σy^2 und Σxy .



Eingeben von Statistikdaten

Statistikdaten von ein oder zwei Variablen werden mit den Tasten $\Sigma+$ (oder $\leftarrow \Sigma-$) eingegeben (oder gelöscht). Die Werte werden als Summen in sechs *Statistikregistern* (28 bis 33) akkumuliert, deren Namen im Menü SUMS angezeigt werden (Nach dem Drücken von \rightarrow **SUMS**) sehen Sie $n \times y \times^2 y^2 \times y$ in der Anzeige).

Hinweis



Löschen Sie immer die Statistikregister vor der Eingabe von Statistikdaten (Drücken Sie \leftarrow **CLEAR** $\{\Sigma\}$).

Dateneingabe einer Variablen

1. Drücken Sie \leftarrow **CLEAR** $\{\Sigma\}$ zum Löschen zuvor gespeicherter Statistikdaten.
2. Tippen Sie jeden x -Wert ein und drücken Sie $\Sigma+$.
3. Die Anzeige enthält n , die Anzahl von Datenwerten, welche inzwischen akkumuliert wurden.

Bei diesem Verfahren werden eigentlich zwei Variablen in die Statistikregister eingegeben, da der im Y-Register stehende Wert als y -Wert akkumuliert wird. Aus diesem Grunde führt der Rechner auch eine lineare Regression durch und zeigt auf y basierende Werte an, auch wenn nur x -Werte eingegeben wurden – oder wenn Sie eine ungleiche Anzahl von x - und y -Werten eingegeben haben. Es wird keine Fehlermeldung angezeigt; die erzielten Ergebnisse sind jedoch nicht sinnvoll.

Um einen Wert unmittelbar nach der Eingabe wieder in die Anzeige zurückzurufen, drücken Sie \leftarrow **LAST x** .

Dateneingabe zweier Variablen

Bestehen Ihre Statistikdaten aus zwei Variablen, so stellt x die *unabhängige* und y die *abhängige Variable* dar. Denken Sie daran, ein Datenpaar der Reihenfolge (x, y) einzugeben, damit y im Y-Register und x im X-Register gespeichert wird.

1. Drücken Sie \leftarrow **CLEAR** $\{\Sigma\}$ zum Löschen zuvor gespeicherter Statistikdaten.
2. Tippen Sie *zuerst* den y -Wert ein und drücken Sie **ENTER**.
3. Tippen Sie den zugehörigen x -Wert ein und drücken Sie **$\Sigma+$** .
4. Die Anzeige enthält n , die Anzahl von Datenwerten, welche inzwischen akkumuliert wurden.
5. Setzen Sie die Eingabe der x -, y -Paare fort. n wird dabei nach jeder Eingabe aktualisiert.

Um einen x -Wert unmittelbar nach der Eingabe wieder in die Anzeige zurückzurufen, drücken Sie \leftarrow **LAST x** .

Korrektur der Dateneingabe

Wenn Ihnen bei der Eingabe von Statistikdaten ein Fehler unterlaufen ist, so können Sie die falschen Werte löschen und die richtigen Werte eingeben. Selbst wenn nur ein Wert eines x -, y -Paares falsch ist, müssen Sie beide Werte löschen und dann die zwei richtigen Werte eingeben.

Gehen Sie dazu folgendermaßen vor:

1. Geben Sie die fehlerhaften Werte erneut ein, wobei Sie jedoch anstatt **$\Sigma+$** die Taste \leftarrow **$\Sigma-$** drücken müssen. Dadurch werden die Werte gelöscht und n um 1 verringert.
2. Geben Sie über **$\Sigma+$** die richtigen Werte ein.

Handelt es sich bei den fehlerhaften Werten um die zuletzt eingegebenen, so können Sie einfach \leftarrow **LAST x** drücken und anschließend \leftarrow **$\Sigma-$** . (Der falsche y -Wert war noch immer im Y-Register und der zugehörige x -Wert wurde im LAST X-Register gesichert.)

Beispiel:

Tippen Sie die linken x , y -Werte ein und korrigieren Sie diese auf die rechten Werte.

Ursprüngliche x , y	Korrigierte x , y
20, 4	20, 5
400, 6	40, 6

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow CLEAR { Σ }		Löscht den alten Inhalt der Statistikregister.
4 ENTER 20 $\Sigma+$	1,0000	Gibt das erste neue Datenpaar ein.
6 ENTER 400 $\Sigma+$	2,0000	Die Anzeige enthält n , die Anzahl der Datenpaare.
\leftarrow LAST x	400,0000	Ruft den letzten x -Wert zurück. Das letzte y ist noch im Y-Register gespeichert. (Drücken Sie zweimal $x\rightarrow y$ zur Überprüfung von y).
\leftarrow $\Sigma-$	1,0000	Löscht das letzte Datenpaar.
6 ENTER 40 $\Sigma+$	2,0000	Ersetzt das letzte Datenpaar.
4 ENTER 20 \leftarrow $\Sigma-$	1,0000	Löscht das erste Datenpaar.
5 ENTER 20 $\Sigma+$	2,0000	Ersetzt das erste Datenpaar. Es sind weiterhin zwei Paare gespeichert.

Ausführung von Statistikberechnungen

Nachdem die Statistikdaten in den Statistikregistern gespeichert sind, können Sie auf diese die im Statistikmenü enthaltenen Funktionen anwenden.

Das Statistikmenü

Menü	Taste	Beschreibung
L.R.	 	Menü lineare Regression: lineare Näherung $\{\hat{x}\}$ $\{\hat{y}\}$ und Kurvenanpassung $\{r\}$ $\{n\}$ $\{b\}$. Siehe "Lineare Regression" weiter hinten in diesem Kapitel.
\bar{x}, \bar{y}	 	Menü Mittelwert: $\{\bar{x}\}$ $\{\bar{y}\}$ $\{\bar{xw}\}$. Siehe unten, im Abschnitt "Mittelwert".
s, σ	 	Menü Standardabweichung: $\{s_x\}$ $\{s_y\}$ $\{\sigma_x\}$ $\{\sigma_y\}$. Siehe Abschnitt "Standardabweichung einer Stichprobe" und "Standardabweichung einer Grundgesamtheit" weiter hinten in diesem Kapitel.
SUMS	 	Summationsmenü: $\{n\}$ $\{x\}$ $\{y\}$ $\{x^2\}$ $\{y^2\}$ $\{xy\}$. Siehe Abschnitt "Summenbildung für statistische Berechnungen" weiter hinten in diesem Kapitel.

Mittelwert

Der Mittelwert ist der arithmetische Durchschnitt einer Gruppe von Zahlen.

- Drücken Sie   $\{\bar{x}\}$ zur Berechnung des Mittelwerts der x -Werte.
- Drücken Sie   $\{\bar{y}\}$ zur Berechnung des Mittelwerts der y -Werte.
- Drücken Sie   $\{\bar{xw}\}$ zur Berechnung des gewichteten Mittels der x -Werte, wobei die y -Werte als Gewichtung oder Häufigkeit der x -Werte dienen. Die y -Werte müssen keine ganzen Zahlen sein.

Beispiel: Mittelwert (eine Variable).

Um herauszufinden, wieviel Zeit ein Arbeiter im Durchschnitt für einen bestimmten Arbeitsprozeß benötigt, werden zufällig sechs Arbeiter ausgewählt und bei jedem die für den Arbeitsprozeß benötigte Zeit (in Minuten) gemessen:

15,5	9,25	10,0
12,5	12,0	8,5

Berechnen Sie den Mittelwert der ermittelten Zeiten. (Verwenden Sie alle Daten als x -Werte.)

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
CLEAR {Σ}		Löscht den Inhalt der Statistikregister.
15,5	1,0000	Eingabe der ersten Zeit.
9,25 10 12,5 12 8,5	6,0000	Eingabe der restlichen Daten; sechs Datenpunkte wurden akkumuliert.
\bar{x}, \bar{y} { \bar{x} }	11,2917	Berechnet den Mittelwert der nötigen Arbeitszeit.

Beispiel: Gewichtetes Mittel.

Ein Fertigungsbetrieb kauft ein bestimmtes Teil vier Mal pro Jahr; im letzten Jahr wurden dabei folgende Einkäufe vorgenommen:

Preis je Teil:	4,25 DM	4,60 DM	4,70 DM	4,10 DM
Anzahl Teile:	250	800	900	1000

Berechnen Sie das gewichtete Mittel der Preise. Denken Sie daran, y (Gewicht bzw. Häufigkeit) vor x (Preis) einzugeben.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow CLEAR { Σ }		Löscht die Statistikregister.
250 ENTER 4,25 $\Sigma+$	1,0000	Eingabe der Daten; zeigt n an.
800 ENTER 4,6 $\Sigma+$	2,0000	
900 ENTER 4,7 $\Sigma+$	3,0000	
1000 ENTER 4,1 $\Sigma+$	4,0000	Vier Datenpaare wurden akkumuliert.
\rightarrow \bar{x}, \bar{y} { $\bar{x}w$ }	4,4314	Berechnet den Mittelwert der Preise (nach Einkaufsmenge gewichtet).

Standardabweichung einer Stichprobe

Die Standardabweichung ist ein Maß dafür, wie sehr die Datenwerte vom Mittelwert abweichen, wobei davon ausgegangen wird, daß die betrachtete Datenmenge eine Stichprobe aus einer größeren Gesamtmenge darstellt. (Berechnung mit $n - 1$ als Teiler.)

- Drücken Sie \rightarrow s, σ { s_x }, um die Standardabweichung der x -Werte zu erhalten.
- Drücken Sie \rightarrow s, σ { s_y }, um die Standardabweichung der y -Werte zu erhalten.

Die Tasten { σ_x } und { σ_y } in diesem Menü werden im nächsten Abschnitt "Standardabweichung einer Grundgesamtheit" erklärt.

Beispiel: Standardabweichung einer Stichprobe.

Unter Verwendung derselben Meßwerte für den Produktionsprozeß wie im obigen Beispiel "Mittelwert", soll nun die zeitliche Standardabweichung (s_x) des Prozesses bestimmt werden:

15,5	9,25	10,0
12,5	12,0	8,5

Berechnen Sie die Standardabweichung der Meßwerte. (Verarbeiten Sie alle Daten als x -Werte.)

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
 CLEAR { Σ }		Löscht die Statistikregister.
15,5 $\Sigma+$	1,0000	Eingabe der ersten Zeit.
9,25 $\Sigma+$ 10 $\Sigma+$	6,0000	Eingabe der restlichen Daten;
12,5 $\Sigma+$ 12 $\Sigma+$		sechs Daten insgesamt.
8,5 $\Sigma+$		
 s,σ { s_x }	2,5808	Berechnet die Standardabweichung der Meßwerte.

Standardabweichung einer Grundgesamtheit

Die Standardabweichung einer Grundgesamtheit ist ein Maß dafür, wie sehr die Datenwerte vom Mittelwert abweichen, wobei angenommen wird, daß die betrachteten Daten die *gesamte* Datenmenge darstellen. (Bei der Berechnung wird n als Teiler verwendet.)

- Drücken Sie  **s,σ** { σ_x }, um die Standardabweichung der Grundgesamtheit für die x -Werte zu erhalten.
- Drücken Sie  **s,σ** { σ_y }, um die Standardabweichung der Grundgesamtheit für die y -Werte zu erhalten.

Beispiel für die Standardabweichung einer Grundgesamtheit.

Vier erwachsene Söhne in einer Familie haben die Körpergrößen 170, 173, 174, und 180 cm. Bestimmen Sie die Standardabweichung der Grundgesamtheit der Körpergrößen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
 CLEAR {Σ}		Löscht die Statistikregister.
170  173 	2,0000	Eingabe der Daten.
174  180 	4,0000	Vier Datenwerte wurden akkumuliert.
  {σx}	3,6315	Berechnet die Standardabweichung der Grundgesamtheit.

Lineare Regression

Lineare Regression ist ein statistisches Verfahren zum Auffinden derjenigen Geraden, für die die Quadrate der Abstände von zwei oder mehreren x -, y -Datenpaaren von der Geraden am geringsten ist. Die Gerade stellt damit einen Zusammenhang zwischen den x - und y -Werten her.

Hinweis



Geben Sie bitte Ihre Daten ein, *bevor* Sie eine der Funktionen aus dem Menü L.R. ausführen. Sie erhalten sonst die Fehlermeldung STAT ERROR.

Menü für lineare Regression (L.R.)

Menüoption	Beschreibung
{ \hat{x} }	Berechnet (schätzt) x für einen gegebenen Wert von y , basierend auf den Werten für die ermittelte Gerade.
{ \hat{y} }	Berechnet (schätzt) y für einen gegebenen Wert von x , basierend auf den Werten für die ermittelte Gerade.
{ r }	Korrelationskoeffizient der (x,y) Daten. Er ist eine Zahl zwischen -1 bis $+1$ und gibt Auskunft darüber, wie nahe die Daten an der berechneten Geraden liegen;
{ m }	Steigung der berechneten Geraden.
{ b }	y -Achsenabschnitt der berechneten Geraden.

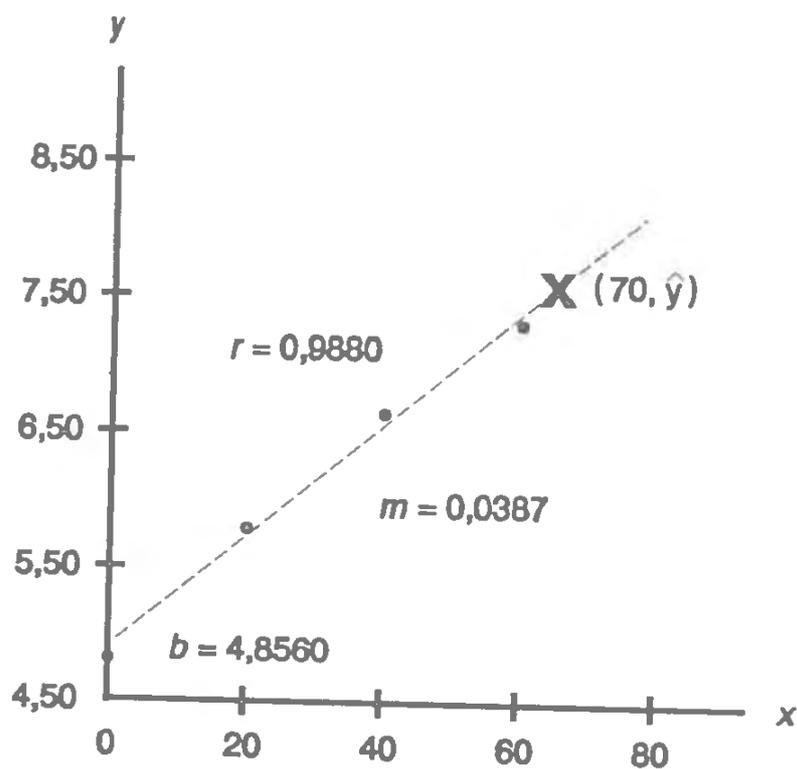
- Um den Näherungswert (bzw. Vorhersagewert) für x (oder y) zu berechnen, ist *zuerst* ein gegebener hypothetischer Wert für y (oder x) einzutippen und *danach*  **L.R.:** { \hat{x} } (oder { \hat{y} }) zu drücken.
- Um die Werte der ermittelten Geraden zu erhalten, drücken Sie  **L.R.:** und dann { r }, { m } oder { b }.

Beispiel: Kurvenanpassung.

Der Ertrag einer neuen Reissorte hängt von der entsprechenden Düngung mit Stickstoff ab. Führen Sie für die nachstehenden Daten eine lineare Regression durch. Bestimmen Sie: Korrelationskoeffizient, Steigung und y -Achsenabschnitt.

X, Verwendete Stickstoffmenge (kg/ha)	0,00	20,00	40,00	60,00	80,00
Y, Erzielter Ertrag (t/ha)	4,63	5,78	6,61	7,21	7,78

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow CLEAR $\{\Sigma\}$		Löscht die Statistikregister.
4,63 ENTER 0 $\{\Sigma+\}$	1,0000	Dateneingabe, Anzeige von n :
5,78 ENTER 20 $\{\Sigma+\}$	2,0000	
6,61 ENTER 40 $\{\Sigma+\}$	3,0000	
7,21 ENTER 60 $\{\Sigma+\}$	4,0000	
7,78 ENTER 80 $\{\Sigma+\}$	5,0000	5 Datenpaare wurden eingegeben.
\rightarrow L.R.	$\hat{x} \hat{y} r m b$	Zeigt Menü für lineare Regression an.
{r}	0,9880	Korrelationskoeffizient; die Daten liegen eng gestreut um die berechnete Gerade.
\rightarrow L.R. {m}	0,0387	Steigung der Geraden.
\rightarrow L.R. {b}	4,8560	y -Achsenabschnitt.



Mit welchem Ertrag ist zu rechnen, wenn 70 kg Stickstoff zur Düngung verwendet wird. Verwenden Sie die Ergebnisse aus der vorherigen Berechnung.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
70	70_	Eingabe des hypothetischen x -Wertes.
  { 	7,5615	Vorhergesagter Wert in t/ha.

Grenzen für die Genauigkeit von Daten

Da der Rechner mit einer endlichen Genauigkeit rechnet (12 bis 15 Stellen), ist es unvermeidbar, daß bei Berechnungen Rundungsfehler auftreten. Hier zwei Beispiele:

Normierung von großen und nahe zusammenliegenden Zahlen

Der Rechner kann u.U. die Standardabweichung und lineare Regression von einer Variablen nicht korrekt berechnen, wenn deren Werte sich nur durch einen relativ kleinen Betrag unterscheiden. Um diese Fehlerquelle zu vermeiden, sollten Sie die Daten normieren, indem Sie jeden Wert als die Differenz von einem Zentralwert (wie z.B. dem Mittelwert) eingeben. Für solche x -Werte muß die Differenz dann wieder zur Berechnung von \bar{x} und \hat{x} addiert werden, wobei \hat{y} und b ebenso angepaßt werden müssen. Würden z.B. als x -Werte 7776999, 7777000 und 7777001 vorliegen, so sollten Sie die Daten als -1, 0 und 1 eingeben; addieren Sie dann 7777000 wieder zu \bar{x} und \hat{x} . Für b ist $7777000 \times m$ zu addieren. Bei der Berechnung von \hat{y} ist sicherzustellen, daß ein kleinerer x -Wert als 7777000 vorgegeben wird.

Ähnliche Ungenauigkeiten können auftreten, wenn die x - und y -Werte betragsmäßig große Unterschiede aufweisen. Auch in diesen Fällen kann die Normierung der Daten Abhilfe schaffen.

Auswirkung von gelöschten Daten.

Die Ausführung von   hebt keine Rundungsfehler auf, welche sich vielleicht bei der Eingabe der Originaldaten in die Statistikregister ergeben haben. Dieser Unterschied ist ohne große Auswirkungen, außer wenn die falschen Daten im Vergleich zu den richtigen Daten einen relativ großen Betrag haben. In solchen Fällen ist es ratsam, die Statistikregister zu löschen und alle Daten erneut einzugeben.

Summen und Statistikregister

Die Statistikregister stellen sechs nur für diesen Zweck verwendete Speicherstellen im Rechner dar und dienen zur Akkumulation der sechs Summen.

Summenbildung für statistische Berechnungen

Durch Drücken von  **SUMS** erhalten Sie Zugriff auf die Inhalte der Statistikregister:

- Drücken Sie $\{n\}$ zur Anzeige der Anzahl der akkumulierten Datensätze.
- Drücken Sie $\{x\}$ zur Anzeige der Summe der x -Werte.
- Drücken Sie $\{y\}$ zur Anzeige der Summe der y -Werte.
- Drücken Sie $\{x^2\}$, $\{y^2\}$ und $\{xy\}$ zur Anzeige der Summe der Quadrate bzw. der Produkte von x und y . Diese Werte können von Interesse bei der Ausführung von weiteren statistischen Berechnungen sein, die nicht direkt im Rechner enthalten sind.

Nach der Eingabe von statistischen Daten können Sie sich den Inhalt der Statistikregister ansehen. Drücken Sie  **MEM** $\{VAR\}$ und benutzen Sie dann   und  , um die Inhalte der Statistikregister anzuzeigen.

Beispiel: Ansehen der Statistikregister.

Benutzen Sie $\Sigma+$, um die Datenpaare (1,2) und (3,4) in die Statistikregister einzugeben. Dann schauen Sie sich die statistischen Werte an.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow CLEAR $\{\Sigma\}$		Löscht die Statistikregister.
2 ENTER 1 $\Sigma+$	1,0000	Speichert das erste Datenpaar (1,2).
4 ENTER 3 $\Sigma+$	2,0000	Speichert das zweite Datenpaar (3,4).
\leftarrow MEM {VAR} \leftarrow Δ	$\Sigma xy=14,0000$	Zeigt im Katalog VAR den Inhalt des Σxy -Registers an.
\leftarrow Δ	$\Sigma y^2=20,0000$	Zeigt den Inhalt des Σy^2 -Registers an.
\leftarrow Δ	$\Sigma x^2=10,0000$	Zeigt den Inhalt des Σx^2 -Registers an.
\leftarrow Δ	$\Sigma y=6,0000$	Zeigt den Inhalt des Σy -Registers an.
\leftarrow Δ	$\Sigma x=4,0000$	Zeigt den Inhalt des Σx -Registers an.
\leftarrow Δ	$n=2,0000$	Zeigt den Inhalt des n -Registers an.
C	2,0000	Verläßt den Katalog VAR.

Die Statistikregister im Speicherbereich

Der erforderliche Speicherplatz (48 Byte) für die Statistikregister wird automatisch reserviert (falls er nicht schon existiert), wenn Sie $\Sigma+$ oder $\Sigma-$ drücken. Die Registerinhalte werden gelöscht, und der belegte Speicherbereich wird wieder freigegeben, wenn \leftarrow CLEAR $\{\Sigma\}$ ausgeführt wird.

Wenn Sie zum ersten Mal $\Sigma+$ (oder $\Sigma-$) drücken und es ist nicht genügend freier Speicherplatz vorhanden, gibt der Rechner die Meldung MEMORY FULL aus. In dieser Situation sind, bevor Sie mit der Eingabe von Statistikdaten beginnen können, Variablen oder Programme zu löschen (oder beide), um entsprechend freien Speicherplatz zu erhalten. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter "Speicherverwaltung" im Anhang B.

Zugriff auf die Statistikregister

Die Zuordnung der Statistikregister zu den unterschiedlichen Statistikfunktionen im HP 32SII ersehen Sie aus nachfolgender Tabelle.

Statistikregister

Register	Nummer	Beschreibung
n	28	Anzahl der akkumulierten Datenpaare.
Σx	29	Summe der akkumulierten x -Werte.
Σy	30	Summe der akkumulierten y -Werte.
Σx^2	31	Summe der Quadrate der akkumulierten x -Werte.
Σy^2	32	Summe der Quadrate der akkumulierten y -Werte.
Σxy	33	Summe der Produkte der akkumulierten x - und y -Werte.

Sie können eine Summe in ein Statistikregister laden, indem Sie die Nummer des gewünschten Registers (28 bis 32) in i eingeben ($\text{Nummer } \text{STO } (i)$) und dann die Summe mit Wert $\text{STO } (i)$ speichern. Genauso können Sie durch Drücken von $\text{VIEW } (i)$ den Wert eines Registers ansehen – in der Anzeige erscheint dann auch der Name des Registers. Das Menü SUMS enthält Funktionen, mit denen man Registerwerte zurückrufen kann. Der Abschnitt "Indirekte Adressierung von Variablen und Namen" im Kapitel 13 enthält dazu weitere Informationen.

Teil 2

Programmierung

Einfache Programme

In Teil 1 des Handbuchs wurden Ihnen Funktionen und Operationen vorgestellt, welche Sie *manuell*, d.h. durch Drücken einer Taste für jede einzelne Operation, ausführen können. Und Sie haben gesehen, wie Sie eine Gleichung zur Wiederholung von Berechnungen benutzen können, ohne daß Sie jeweils die ganze Tastenfolge wiederholen müssen. In Teil 2 werden Sie nun lernen, wie Sie Programme für wiederholte Berechnungen nutzen können – Berechnungen mit aufwendigeren Ein/Ausgabeoperationen oder mit einem komplizierterem Ablauf. Ein Programm erlaubt Ihnen die Wiederholung von Operationen in einer Art und Weise, die Sie festlegen können. In diesem Kapitel erfahren Sie, wie Sie eine Folge von Operationen in einem Programm zusammenfassen können. Das nächste Kapitel “Programmiertechniken”, erläutert, wie Unterprogramme und Verzweigungen in Programmen eingesetzt werden können.

Einführung: Ein einfaches Programmbeispiel.

Zur Berechnung der Fläche eines Kreises mit dem Radius r gilt die Gleichung $A = \pi r^2$. Für $r = 5$ cm liefert die Tastenfolge

5     

das Ergebnis 78,5398.

Wenn Sie nun die Fläche mehrerer Kreise mit unterschiedlichen Radien berechnen wollten, müßten Sie die erforderliche Tastenfolge jedesmal wiederholen (wobei sich nur der Radius ändern würde). Statt dessen könnten Sie die sich wiederholende Tastenfolge in einem Programm zusammenfassen:

```
001 x²
002 π
003 x
```

Dieses sehr einfache Programm geht davon aus, daß sich der Wert für den Radius im X-Register (der Anzeige) befindet, wenn das Programm gestartet wird. Es berechnet die Kreisfläche und zeigt das Ergebnis an.

Um das Programm in den Programmspeicher einzutippen, gehen Sie folgendermaßen vor:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
 CLEAR {ALL} {Y}		Löscht den Speicher.
 PRGM		Aktiviert den Programmeingabe-Modus (Indikator PRGM wird angezeigt).
 GTO 0 0	PRGM TOP	Setzt den Programmzeiger auf PRGM TOP.
 x ²	001 x ²	(Radius) ²
 π	002 π	
	003 ×	Fläche = πx ²
 PRGM		Verläßt den Programmeingabe-Modus.

Versuchen Sie nun, das Programm zu starten und die Fläche für einen Kreis mit dem Radius $r = 5$ zu berechnen:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
 GTO 0 0		Setzt Programmzeiger an Anfang zurück.
5 	78,5398	Das Ergebnis!

Zur Veranschaulichung von Programmier-Techniken und Konzepten wird in den folgenden Abschnitten wiederholt auf das obenstehende Programm zur Berechnung der Kreisfläche verwiesen.

Erzeugen eines Programms

Die folgenden Abschnitte geben Ihnen einen Überblick, welche Art von Anweisungen Sie in ein Programm aufnehmen können. Der Aufbau eines Programms beeinflusst die Anzeige und die Arbeitsweise.

Programmgrenzen (LBL und RTN)

Wenn Sie mehr als ein Programm im Programmspeicher ablegen möchten, dann benötigt ein Programm ein *Label* zur Kennzeichnung des Programmanfangs (z.B. A01 LBL A) und ein *Return* zur Kennzeichnung des Programmendes (z.B. A05 RTN). Beachten Sie, daß die Zeilennummern jeweils mit dem gewählten Label beginnen.

Programm-Labels

Programme und Segmente von Programmen (auch als *Routinen* bezeichnet) sollten mit einem Label beginnen. Drücken Sie folgende Tasten, um ein Label einzugeben:

 **LBL** *Buchstabentaste*

Das Label dient zur Identifikation bei der Ausführung eines bestimmten Programms bzw. einer Routine und besteht aus einem Buchstaben von A bis Z. Die Alphatasten werden genauso wie bei der Anwendung von Variablen benutzt (siehe Kapitel 3). Sie können ein Label nur einmal vergeben (bei Nichtbeachtung wird DUPLICAT.LBL angezeigt), es kann jedoch auch ein Buchstabe vergeben werden, welcher bereits für eine Variable benutzt wurde.

Es ist möglich, das erste Programm im Programmspeicher ohne Label einzugeben. Die nachfolgenden Programme erfordern jedoch ein Label, um die einzelnen Programme abzugrenzen.

Zeilennummern

Zeilennummern ist der gleiche Buchstabe vorangestellt, welcher als Label verwendet wurde (z.B. A01). Besitzt eine Routine mehr als 99 Zeilen, so erscheint die Zeilennummer mit einem Punkt anstatt der ersten Ziffer (z.B. A.01 für Zeile 101 in A). Bei mehr als 199 Zeilen wird in der Zeilennummer ein Komma anstelle der ersten Ziffer verwendet (z.B. A,01 für Zeile 201).

Programmrücksprung

Programme und Unterprogramme sollten mit einer Rücksprunganweisung abgeschlossen werden. Sie erreichen dies mit der Tastenfolge:



Ist das Programm bis zum Ende durchgelaufen, so wird durch die Anweisung RTN der Programmzeiger auf PRGM TOP gesetzt, d.h. an den Anfang des Programmspeichers.

Die Verwendung von UPN und Gleichungen in Programmen

Sie können in Programmen auf dieselbe Art rechnen, wie vom Tastenfeld aus:

- Verwenden Sie UPN-Operationen (diese arbeiten mit dem Stack, wie im Kapitel 2 beschrieben).
- Verwenden Sie Gleichungen (wie in Kapitel 6 beschrieben).

Im vorigen Beispiel wurde eine Serie von *UPN-Operationen* verwendet, um die Kreisfläche zu berechnen. Stattdessen hätten Sie auch eine *Gleichung* innerhalb eines Programms verwenden können. (Ein Beispiel folgt später in diesem Kapitel.) Viele Programme sind Kombinationen aus UPN *und* Gleichungen, wobei jeweils die Vorteile beider Möglichkeiten genutzt werden.

Vorteile von UPN-Operationen

Geringerer Speicherbedarf.
Etwas höhere Ausführungsgeschwindigkeit.

Vorteile von Gleichungen

Leichter zu schreiben und zu verstehen.
Automatische Erzeugung von Eingabeaufforderungen.

Wenn ein Programm eine Zeile, die eine Gleichung enthält, ausführt, dann wertet es die Gleichung in derselben Weise aus, wie die Funktion **XEQ** dies mit einer Gleichung aus der Gleichungsliste tut. Bei der Auswertung von Programmen wird “=” in einer Gleichung prinzipiell als “-” behandelt. (Die Wirkung von **ENTER** auf eine Gleichung vom Typ *Ausdruck* kann nicht direkt programmiert werden – außer, wenn

Sie die Gleichung als Ausdruck schreiben und danach die Funktion STO verwenden, um Werte in Variablen zu speichern.)

Bei beiden Typen von Berechnungen können Sie UPN-Anweisungen verwenden, um die Eingabe, die Ausgabe und den Programmablauf zu steuern.

Ein- und Ausgabe von Daten

Bei Programmen mit mehr als einem Eingabe- und Ausgabewert können Sie entscheiden, auf welche Weise das Programm Informationen aufnehmen und ausgeben soll. Bei der Eingabe haben Sie die Möglichkeit mit der Anweisung INPUT zur Eingabe eines Wertes für eine bestimmte Variable aufzufordern, oder eine Gleichung fordert selbst zur Eingabe von Werten auf, oder Sie können Werte verwenden, die bereits im Stack abgelegt sind. Bei der Ausgabe haben Sie die Möglichkeit, eine Variable mit der Anweisung VIEW anzuzeigen, eine über eine Gleichung erzeugte Meldung anzuzeigen, oder Sie können unmarkierte Werte im Stack ablegen.

Näheres dazu erfahren Sie später in diesem Kapitel unter "Eingabe und Anzeige von Daten".

Programmeingabe (PRGM)

Drücken von  **PRGM** schaltet den Programmeingabe-Modus (sowie den Indikator **PRGM**) ein und aus. Im Programmeingabe-Modus bewirkt das Drücken von Tasten ihre Speicherung als Programmzeilen im Speicher anstelle der unmittelbaren Ausführung der Operation. Jede Anweisung bzw. Zahl belegt eine Programmzeile, wobei es außer durch die Größe des freien Speicherbereichs keine Beschränkung für die Anzahl von Zeilen innerhalb eines Programms gibt.

Um ein Programm zu speichern gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie  **PRGM** zum Umschalten in den Programmeingabe-Modus.
2. Drücken Sie  **GTO**   zur Anzeige von PRGM TOP. Damit wird der *Programmzeiger* an den Anfang des Programmspeichers gesetzt. Das von Ihnen eingegebene Programm wird in der Liste an der ersten Position abgelegt, und zwar *vor* den anderen gespeicherten Programmen.

Wenn Sie Programme nicht mehr benötigen, können Sie diese durch Drücken von  **CLEAR** {PGM} löschen. Drücken Sie nach der Meldung CL PGM? Y N zur Bestätigung {Y}, wenn Sie wirklich *alle* Programme löschen wollen.

3. Versehen Sie das Programm mit einem *Label* – einem einzelnen Buchstaben von A bis Z. Drücken Sie  **LBL** *Buchstabe*. Verwenden Sie einen Buchstaben, welcher eine Beziehung zum Programminhalt herstellt, z.B. "V" für "Volumen."

Wenn die Meldung DUPLICAT.LBL in der Anzeige erscheint, dann müssen Sie einen anderen Buchstaben verwenden. Sie können aber auch das bereits unter diesem Namen vorhandene Programm löschen – drücken Sie hierzu  **MEM** {PGM}, suchen Sie mit   oder   nach dem Namen, und drücken Sie dann  **CLEAR** und **C**.

4. Drücken Sie die gleichen Tasten wie bei der manuellen Bearbeitung einer Aufgabenstellung, wenn Sie Rechenoperationen als Programmanweisungen speichern möchten. Beachten Sie, daß viele Funktionen nicht direkt über das Tastenfeld zugänglich sind, sondern über Menüs aufgerufen werden müssen. Bezüglich der Eingabe einer Gleichung in einer Programmzeile finden Sie unten weitere Hinweise.
5. Beenden Sie das Programm mit der Anweisung *Return*, wodurch der Programmzeiger nach der Programmausführung wieder auf PRGM TOP gesetzt wird; drücken Sie dazu  .
6. Drücken Sie  (oder  ) , um die Programmeingabe zu beenden.

In Programmzeilen enthaltene Zahlen werden genau so gespeichert, wie Sie sie eingegeben haben, wobei das Anzeigeformat ALL oder SCI verwendet wird. (Werden einzelne Ziffern nicht angezeigt, so drücken Sie   zur Anzeige der nicht sichtbaren Stellen).

Eingabe einer Gleichung in eine Programmzeile:

1. Drücken sie   zur Aktivierung des Gleichungseingabemodus. Der Indikator **EQN** erscheint in der Anzeige.
2. Geben Sie die Gleichung ein, wie Sie dies zum Eintragen in die Gleichungsliste tun würden. Erläuterungen hierzu finden Sie im Kapitel 6. Benutzen Sie die Taste , um Tippfehler zu korrigieren.
3. Drücken Sie , um die Gleichungseingabe abzuschließen und den Anfang der Gleichung anzuzeigen. (Die Gleichung wird *nicht* in die Gleichungsliste aufgenommen.)

Nach der Eingabe der Gleichung können Sie mit den Tasten   ihre Prüfsumme und Länge ansehen. Sie werden angezeigt, solange Sie die Taste  gedrückt halten.

Bei einer langen Gleichung zeigen die Indikatoren \rightarrow und \downarrow an, daß die Verschiebefunktion für diese Programmzeile aktiviert ist. Sie können mit den Tasten  und  den Inhalt der Anzeige verschieben. Drücken Sie  , um den Indikator \downarrow abzuschalten, wenn Sie die oberste Tastenreihe zur Eingabe von Programmanweisungen verwenden wollen.

Tasten für Löschoperationen

Beachten Sie nachstehende Sonderfälle während der Programmeingabe:

- **C** hebt immer die Programmeingabe auf; es wird nie eine Zahl auf Null gesetzt.
- Wenn die Programmzeile keine Gleichung enthält, so löscht **↵** die momentan angezeigte Programmzeile. Wenn eine Ziffer eingegeben wird (der Cursor “_” wird angezeigt), so löscht **↵** die Ziffer.
- Wenn die Programmzeile eine Gleichung enthält, so ermöglicht die Taste **↵** Ihnen die Bearbeitung der Gleichung. Bei der Gleichungseingabe (der Cursor “=” wird angezeigt) wird jeweils die letzte Funktion oder Variable gelöscht.
- Die Tasten **←** **CLEAR** {EQN} löschen eine Programmzeile, sofern diese eine Gleichung enthält.
- Zur *Programmierung* einer Funktion, welche den Inhalt des X-Registers löscht, ist **←** **CLEAR** {x} zu verwenden.

Funktionsnamen in Programmen

Der Name, der für eine Funktion in einem Programm verwendet wird, ist *nicht* notwendigerweise derselbe Name, der auf dem Tastenfeld, dem Menü oder in der Gleichung erscheint. Der im Programm verwendete Funktionsname ist gewöhnlich eine ausführlichere Version einer Abkürzung, die auf eine Funktionstaste oder in ein Menü paßt. Die längere Version der Abkürzung erscheint bei der Ausführung der Funktion kurz in der Anzeige, während Sie die Funktionstaste gedrückt halten.

Beispiel: Eingabe eines benannten Programms.

Die nachstehende Tastenfolge löscht das vorherige Programm zur Berechnung der Kreisfläche und gibt ein neues ein, welches eine Benennung (*Label*) und eine Rücksprunganweisung (*Return*) enthält. Falls Ihnen ein Tippfehler unterläuft, dann drücken Sie \leftarrow zum Löschen der momentanen Programmzeile; anschließend können Sie die korrekte Anweisung eingeben.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow PRGM		Aktiviert den Programmeingabe-Modus (der Indikator PRGM wird angezeigt).
\leftarrow CLEAR {PGM} {Y}	PRGM TOP	Löscht alle Programmspeicher.
\leftarrow LBL A	A01 LBL A	Benennt diese Programmroutine mit "A" (für "Area").
\leftarrow x^2	A02 x^2	Eingabe von 3 Programmzeilen.
\rightarrow π	A03 π	
\times	A04 \times	
\rightarrow RTN	A05 RTN	Beendet das Programm.
\leftarrow MEM {PGM}	LBL A 007,5	Zeigt Label A und die Länge des Programms in Byte an.
\rightarrow SHOW	CK=E02C 007,5	Prüfsumme und Länge des Programms.
C C		Hebt Programmeingabe auf (der Indikator PRGM verschwindet).

Wenn Sie bei Ihrer Gleichung eine andere Prüfsumme erhalten, so bedeutet dies, daß Sie das Programm nicht genau so eingegeben haben, wie es hier abgedruckt ist.

Beispiel: Eingabe eines Programms, welches eine Gleichung enthält.

Das folgende Programm berechnet eine Kreisfläche mit Hilfe einer Gleichung anstelle der im vorherigen Programm verwendeten UPN-Operationen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow PRGM \leftarrow GTO 0 0	PRGM TOP	Aktiviert den Programmeingabe-Modus und setzt den Programmzeiger an den Beginn des Speichers.
\leftarrow LBL E	E01 LBL E	Gibt dieser Programmroutine das Label E (für "equation").
STO R	E02 STO R	Speichert den Radius in der Variablen R.
\rightarrow EQN \rightarrow π \times RCL R y^x 2 ENTER	E03 $\pi \times R^2$	Schaltet den Gleichungseingabe-Modus ein; Eingabe der Gleichung; Kehrt zum Programmeingabe-Modus zurück.
\rightarrow SHOW	CK=E3FD 009,0	Prüfsumme und Länge der Gleichung.
\rightarrow RTN	E04 RTN	Beendet das Programm.
\leftarrow MEM {PGM}	LBL E 013,5	Zeigt Label E und die Länge des Programms in Bytes an.
\rightarrow SHOW	CK=1352 013,5	Prüfsumme und Länge des Programms.
C C		Verläßt den Programmeingabe-Modus.

Aufrufen eines Programms

Wenn Sie ein Programm ablaufen lassen bzw. *ausführen* möchten, darf der Programmeingabe-Modus nicht aktiv sein (keine Programmzeilennummern und kein Indikator **PRGM** angezeigt). Durch Drücken von **(C)** verlassen Sie den Programmeingabe-Modus.

Ausführen eines Programms (XEQ)

Drücken Sie **(XEQ)** *Label*, um das mit dem entsprechenden Label versehene Programm auszuführen. Wenn Sie nur ein Programm im Programmspeicher abgelegt haben, können Sie dieses auch durch Drücken von **(←) (GTO) (0) (0) (R/S)** (*Run/Stop*) ausführen. Der Indikator **PRGM** fängt dabei zu blinken an, bis die Programmausführung beendet ist.

Falls das Programm dies erfordert, geben Sie vor dem Start des Programms Zahlenwerte ein.

Beispiel:

Führen Sie das Programm mit dem Label A aus, um die Flächen von drei unterschiedlichen Kreisen mit den Radien 5, 2,5 und 2π zu berechnen. Denken Sie daran, den Radius jeweils vor der Programmausführung einzugeben.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
5 (XEQ) A	RUNNING 78,5398	Eingabe des Radius, danach Ausführung von A. Das Ergebnis erscheint in der Anzeige.
2,5 (XEQ) E	19,6350	Berechnet Fläche des zweiten Kreises mit dem Programm E.
2 (→) (π) (×) (XEQ) A	124,0251	Berechnet Fläche des dritten Kreises.

Testen eines Programms

Wenn Sie wissen, daß ein Programm einen Fehler enthält, andererseits aber nicht genau wissen wo, dann können Sie durch die schrittweise Ausführung des Programms auf einfache Weise einen Programmtest durchführen. Dies ist außerdem empfehlenswert, wenn Sie ein längeres oder kompliziertes Programm auf Fehlerfreiheit testen möchten. Bei der schrittweisen Programmausführung können Sie das Ergebnis nach jedem Programmschritt ansehen. Damit ist eine Überprüfung bzw. ein Vergleich mit bekannten Daten möglich und eine fehlerbedingte Abweichung erkennbar.

1. Stellen Sie sicher, daß – wie bei der normalen Programmausführung – der Programmeingabe-Modus nicht aktiv ist (der Indikator **PRGM** wird nicht angezeigt).
2. Drücken Sie   *Label*, um den Programmzeiger an den Anfang des Programms zu setzen (d.h. auf die Anweisung LBL). Die Anweisung GTO verschiebt den Programmzeiger, ohne jedoch das Programm gleich zu starten. (Handelt es sich bei dem zu testenden Programm um das erste oder einzige Programm im Speicher, dann können Sie auch     drücken, um den Programmzeiger an den Anfang zu setzen).
3. Halten Sie   gedrückt. Dies zeigt die momentane Programmzeile an. Wenn Sie  freigeben, wird diese Zeile ausgeführt. Das Ergebnis der Ausführung erscheint danach im X-Register.

Wenn Sie zur *vorangehenden* Zeile zurückkehren möchten, so drücken Sie  . Es erfolgt keine Ausführung.

4. Der Programmzeiger wird an die nächste Programmzeile bewegt. Wiederholen Sie Schritt 3, bis Sie auf einen Fehler stoßen (falsches Ergebnis wird angezeigt) oder das Ende des Programms erreicht haben.

Wenn der Programmeingabe-Modus aktiv ist, dann bewegt   (oder  ) nur den Programmzeiger, ohne die jeweilige Zeile auszuführen. Halten Sie die entsprechende Pfeiltaste gedrückt, wenn Sie die Programmzeilen automatisch nach oben oder unten "rollen" möchten.

Beispiel: Programmtest.

Führen Sie Programm A schrittweise aus. Verwenden Sie dabei den Radius 5 als Testwert. Stellen Sie sicher, daß der Programmeingabe-Modus *nicht* aktiv ist, bevor Sie beginnen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
5	5,0000	Verschiebt Programmzeiger auf Label A.
  A		
  (gedrückt halten) (freigeben)	A01 LBL A 5,0000	
  (gedrückt halten) (freigeben)	A02 \times^2 25,0000	Quadriert Eingabe.
  (gedrückt halten) (freigeben)	A03 π 3,1416	Wert von π .
  (gedrückt halten) (freigeben)	A04 \times 78,5398	25π .
  (gedrückt halten) (freigeben)	A05 RTN 78,5398	Programmende. Das Ergebnis ist korrekt.

Eingabe und Anzeige von Daten

Die in Programmen verwendbaren *Variablen* dienen zum Speichern von Eingabedaten, Zwischen- und Endergebnissen. (Variablen werden, wie im Kapitel 3 erklärt, über einen Buchstaben von *A* bis *Z* oder *i* identifiziert). Der Variablenname selbst hat keine Verbindung mit Programm-Labels.

Sie können Daten auf verschiedene Arten in ein Programm eingeben:

- Durch die Anweisung INPUT, die zur Eingabe des Wertes einer Variablen auffordert.
- Über den Stack. (Sie können STO benutzen, um einen Wert in einer Variablen für eine spätere Verwendung zu speichern.)
- Durch Variablen, in denen bereits Werte gespeichert sind.
- Über die von Gleichungen automatisch erzeugte Eingabeaufforderung (wird durch Setzen von Flag 11 aktiviert).

Sie können Informationen von einem Programm auf verschiedene Arten ausgeben lassen:

- Über die Anweisung VIEW, die den Namen und den Wert der Variablen anzeigt.
- Über den Stack – nur der Wert des X-Registers ist sichtbar. (Sie können durch die Anwendung von PSE den Wert im X-Register für eine Sekunde anzeigen.)
- Durch Anzeigen einer Gleichung (dazu muß Flag 10 gesetzt sein). (Die "Gleichung" ist dann gewöhnlich eine Meldung, keine wirkliche Gleichung.)

Einige dieser Ein- und Ausgabetechniken werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Verwendung von INPUT zur Dateneingabe

Die Eingabeanweisung (\leftarrow INPUT Variable) hält das Programm an und zeigt eine Eingabeaufforderung für die jeweilige Variable an, zusammen mit dem momentanen Variableninhalt.

R?0,0000

Hierbei ist

“R” der Variablenname,
“?” die Eingabeaufforderung und
0,0000 der momentan in der Variablen gespeicherte Wert.

Drücken Sie $\left(\frac{R}{S}\right)$ (Run/Stop) zur Fortsetzung des Programms. Der eingegebene Wert überschreibt dabei den Inhalt des X-Registers und den der Variablen. Wenn Sie den angezeigten Wert nicht geändert haben, bleibt er im X-Register sowie in der Variablen erhalten.

Nachdem die Anweisung INPUT eingefügt wurde, hat das Programm zur Berechnung der Kreisfläche folgende Form:

```
A01 LBL A
A02 INPUT R
A03  $\times^2$ 
A04  $\pi$ 
A05  $\times$ 
A06 RTN
```

Verwendung von INPUT in einem Programm:

1. Entscheiden Sie, welche Werte benötigt werden und weisen Sie diesen eine Variable zu (im vorliegenden Beispiel ist der Radius einzugeben, weshalb die Variable *R* verwendet wurde).
2. Fügen Sie am Programmstart für jede benötigte Variable die Anweisung INPUT ein. An späterer Stelle im Programm, wenn der Eingabewert tatsächlich benötigt wird, verwenden Sie dann die Anweisung $\left(\frac{RCL}{\square}\right)$ Variable, um den Variableninhalt zurück in den Stack zu bringen.

Da INPUT den soeben eingetippten Wert im X-Register läßt, *müssen* Sie ihn *nicht* unbedingt in einer Variablen speichern und an späterer Stelle zurückrufen – Sie können ihn auch immer dann eingeben, wenn er benötigt wird. Dadurch wird Speicherplatz gespart. Allerdings empfiehlt es sich bei längeren Programmen, die Eingabewerte am Programmstart einzugeben und sie bei späterem Bedarf wieder in den Stack zurückzurufen. Die Programme werden dadurch übersichtlicher. Denken Sie auch daran, daß Sie Berechnungen ausführen können, während das Programm angehalten ist und auf Eingaben wartet. Dadurch kann sich der Stackinhalt ändern, was sich wiederum auf die nächste vom Programm auszuführende Berechnung auswirken könnte. Das Programm sollte deshalb nicht davon ausgehen, daß sich der Stack vor und nach der Anweisung INPUT nicht geändert hat. Wenn Sie die Eingabeaufforderung für die benötigten Variablen gleich zu Programmbeginn vorsehen, vermeiden Sie also auch, daß vor einer Berechnung der Stackinhalt geändert wird.

Als Beispiel für die letztere Vorgehensweise können Sie das Programm "Koordinatentransformationen" in Kapitel 15 anschauen. Dort werden durch die Routine D im voraus alle nötigen Eingaben für die Variablen M , N , und T (Zeile D02 bis D04) abgefragt. Die Variablen definieren die x - und y -Koordinaten sowie den Winkel θ des neuen Systems.

Reaktionen auf eine Eingabeaufforderung:

Wenn Sie das Programm starten, wird bei jeder INPUT-Anweisung zur Eingabe eines Wertes aufgefordert, z.B. $R?0,0000$. Der angezeigte Wert stellt dabei den momentanen Inhalt von R dar.

- Um die Zahl unverändert zu lassen, drücken Sie einfach (R/S).
- Um die Zahl zu ändern, tippen Sie den neuen Wert ein und drücken (R/S). Diese neue Zahl überschreibt den alten Wert im X-Register. Wenn Sie wollen, können Sie eine Zahl auch als Bruch eingeben. Wenn Sie einen Wert berechnen müssen, so ist dies über die normalen Tastenfeld-Funktionen vor dem Drücken von (R/S) möglich. Sie können z.B. 2 (ENTER) 5 (y^x) (R/S) eingeben.
- Um Berechnungen mit der angezeigten Zahl auszuführen, drücken Sie (ENTER), bevor Sie eine andere Zahl eingeben.

- Um die durch INPUT erzeugte Eingabeaufforderung aufzuheben, drücken Sie **(C)**. Der momentane Variableninhalt bleibt im X-Register. Wenn Sie **(R/S)** zur Fortsetzung des Programms drücken, wird die aufgehobene Eingabeaufforderung wiederholt. Wenn Sie **(C)** während der Zifferneingabe drücken, wird die ganze Zahl gelöscht. Durch erneutes Drücken von **(C)** löschen Sie die Eingabeaufforderung.
- Um alle Stellen bei einer Eingabeaufforderung anzuzeigen, drücken Sie **(→) (SHOW)**. (Bei einer Dualzahl mit mehr als 12 Stellen führt das Drücken von **(√x)** und **(Σ+)** zur Anzeige der restlichen Stellen.)

Benutzung von VIEW zur Anzeige von Daten

Die programmierte Anweisung VIEW (**(→) (VIEW) Variable**) unterbricht den Programmablauf und zeigt den benannten Inhalt der Variablen an, z.B.

A=78,5398

Hierbei wird der Wert *nur angezeigt*, nicht aber in das X-Register kopiert.

Wenn der Bruchdarstellungs-Modus aktiviert ist, dann wird der Wert als Bruch dargestellt.

- Drücken von **(ENTER)** kopiert die Zahl in das X-Register.
- Hat die Zahl mehr als 10 signifikante Stellen, so bewirkt das Drücken von **(→) (SHOW)** die Anzeige der ganzen Zahl. (Handelt es sich um eine Dualzahl mit mehr als 12 Stellen, so verwenden Sie **(√x)** und **(Σ+)** zur Anzeige der restlichen Stellen).
- Drücken von **(C)** (oder **(◊)**) löscht die durch VIEW erzeugte Darstellung und zeigt den Inhalt des X-Registers an.
- Drücken von **(←) (CLEAR)** löscht den Inhalt der angezeigten Variablen.

Drücken Sie **(R/S)** zur Fortsetzung des Programms.

Wenn Sie nicht wollen, daß das Programm unterbrochen wird, dann sehen Sie im Abschnitt "Anzeige von Informationen ohne Programmunterbrechung" nach.

In dem Programm "Normalverteilung und Verteilungsfunktion" im Kapitel 16 z.B. bewirken die Funktionen in den Zeilen T15 und T16

am Ende der Routine T, daß die Lösung für X angezeigt wird. Beachten Sie auch, daß vor der Anweisung VIEW im Programm die Anweisung RCL steht. Die Anweisung RCL ist an dieser Stelle nicht nötig; es ist aber empfehlenswert, sie dort einzufügen, da dadurch die angezeigte Variable in das X-Register geladen wird und somit für Berechnungen über das Tastenfeld verfügbar ist. (Das Drücken der Taste **ENTER** während einer Anzeige durch die Anweisung VIEW hat denselben Effekt.) Die anderen Anwendungsprogramme in den Kapiteln 15 bis 17 stellen jeweils sicher, daß die über VIEW angezeigte Variable auch im X-Register steht – mit Ausnahme des Programms “Nullstellenbestimmung von Polynomen”.

Verwendung von Gleichungen zur Anzeige von Meldungen

Die Syntax von Gleichungen wird nicht überprüft, bevor die Gleichung ausgewertet wird. Dies bedeutet, daß sie fast *jede* Zeichenfolge als Gleichung in ein Programm eingeben können – Sie geben sie ein, wie *jede* andere Gleichung auch. Drücken Sie einfach **EQN** in einer beliebigen Programmzeile, um mit der Gleichungseingabe zu beginnen. Zur Eingabe von Zahlen und Funktionen drücken Sie die entsprechenden Tasten. Drücken Sie die Taste **RCL** vor der Eingabe von Buchstaben (Variablennamen). Um die Gleichung zu beenden, drücken Sie **ENTER**.

Wenn Flag 10 gesetzt ist, dann werden Gleichungen nur *angezeigt* und nicht *ausgewertet*. Dies bedeutet, daß Sie jede eingegebene Gleichung als Meldung anzeigen können. (Flags werden ausführlich im Kapitel 13 behandelt.)

Während die Meldung angezeigt wird, wird das Programm angehalten – drücken Sie **R/S**, um die Ausführung fortzusetzen. Wenn die angezeigte Meldung länger als 12 Zeichen ist, so erscheinen die Indikatoren \rightarrow und \downarrow in der Anzeige, während die Meldung angezeigt wird. Sie können dann mit **$\Sigma+$** und **\sqrt{x}** die Meldung in der Anzeige verschieben. Um den Indikator \downarrow abzuschalten und wieder die normalen Funktionen der obersten Tastenreihe verwenden zu können, drücken Sie **SCRL**.

In dem Abschnitt “Anzeige von Informationen ohne Programmunterbrechung” wird erklärt, wie Sie Meldungen anzeigen können, ohne das Programm anzuhalten.

Beispiel: Eingabe mit INPUT, Anzeige mit VIEW und Meldungen in einem Programm.

Schreiben Sie eine Gleichung zur Berechnung der Oberfläche und des Volumens eines Zylinders bei gegebenem Radius und gegebener Höhe. Geben Sie dem Programm das Label Z (für *Zylinder*) und benutzen Sie die Variablen *O* (Oberfläche), *V* (Volumen), *R* (Radius) und *H* (Höhe). Verwenden Sie folgende Gleichungen:

$$V = \pi R^2 H$$

$$O = 2\pi R^2 + 2\pi RH = 2\pi R(R + H).$$

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow PRGM \leftarrow GTO 00	PRGM TOP	Programmeingabe; stellt den Zeiger an den Speicheranfang.
\leftarrow LBL Z	Z01 LBL Z	Gibt dem Programm das Label Z.
\leftarrow INPUT R \leftarrow INPUT H	Z02 INPUT R Z03 INPUT H	Anweisungen zur Eingabe von Radius und Höhe.
\rightarrow EQN \rightarrow π \times RCL R y^x 2 \times RCL H ENTER	Z04 $\pi \times R^2 \times H$	Berechnung des Volumens.
\rightarrow SHOW	CK=9194 012,0	Prüfsumme und Länge der Gleichung.
STO V	Z05 STO V	Speichert das Volumen in V.

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
→ EQN 2 × → π × RCL R × → (RCL R + RCL H →) ENTER	Z06 2×π×R×CR	Berechnet die Oberfläche.
→ SHOW	CK=A911 018,0	Prüfsumme und Länge der Gleichung.
STO 0	Z07 STO 0	Speichert die Oberfläche in 0.
→ FLAGS {SF} 0 0	Z08 SF 10	Setzt Flag 10 zur Anzeige von Gleichungen als Meldungen.
→ EQN RCL V RCL 0 RCL L SPACE + SPACE RCL O RCL B RCL E RCL R ENTER	Z09 VOL + 0B	Anzeige der Meldung.
→ FLAGS {CF} 0 0	Z10 CF 10	Löscht Flag 10.
→ VIEW V	Z11 VIEW V	Anzeige des Volumens.
→ VIEW 0	Z12 VIEW 0	Anzeige der Oberfläche.
→ RTN	Z13 RTN	Beendet das Programm.
← MEM {PGM}	LBL Z 061,5	Anzeige des Labels Z und der Länge des Programms in Byte.
→ SHOW	ZK=6047 061,5	Prüfsumme und Länge des Programms.
C C		Verläßt den Programmeingabe-Modus.

Bestimmen Sie nun das Volumen und die Oberfläche eines Zylinders mit einem Radius von $2\frac{1}{2}$ cm und einer Höhe von 8,0 cm.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
XEQ Z	R? Wert	Beginnt mit der Ausführung des Programms Z; erwartet Wert für R. (Dabei wird der gerade in R gespeicherte Wert angezeigt.)
2 ○ 1 ○ 2 (R/S)	H? Wert	Eingabe von $2\frac{1}{2}$ als Bruch. Erwartet Wert für H.
8 (R/S)	VOL + OBER	Meldung wird angezeigt.
(R/S)	V=157,0796	Volumen in cm^3 .
(R/S)	O=164,9336	Oberfläche in cm^2 .

Anzeige von Informationen ohne Programmunterbrechung

Normalerweise hält ein Programm an, wenn es eine Variable mit VIEW oder eine (über eine Gleichung erzeugte) Meldung anzeigt. Sie müssen normalerweise **(R/S)** drücken, um die Ausführung fortzusetzen. Wenn Sie wollen, können Sie das Programm weiterlaufen lassen, während die Informationen angezeigt werden. Wenn die *nächste* Programmzeile – nach einer VIEW-Anweisung oder einer angezeigten Gleichung – die Anweisung PSE (*Pause*) enthält, so wird die Information angezeigt *und* die Ausführung wird nach einer Sekunde fortgesetzt. In diesem Fall ist kein Funktionsaufruf und keine Eingabe über das Tastenfeld möglich.

Diese Anzeige bleibt auch nach der Pause bestehen, wird jedoch durch andere Anzeigeoperationen wieder gelöscht, auch durch die Operation RND, wenn Flag 7 gesetzt ist (Runden bei Brüchen).

Drücken Sie **(▶) (PSE)**, um die Funktion PSE in ein Programm einzufügen.

Die Programmzeilen, die die Funktionen VIEW und PSE enthalten – oder eine Gleichung und die Funktion PSE – werden bei zeilenweiser Ausführung eines Programms als *eine* Operation behandelt.

Anhalten oder Unterbrechen eines Programms

Programmieren eines Stopps oder einer Pause

- Durch das Drücken von **(R/S)** (*Run/Stop*) während der Programmeingabe fügen Sie die Anweisung STOP in das Programm ein. Damit wird ein Programm angehalten, bis Sie es durch Drücken von **(R/S)** wieder fortsetzen. Sie können STOP anstatt RTN verwenden, wenn nach Programmabschluß der Programmzeiger nicht an den Anfang des Programmspeichers zurückgesetzt werden soll.
- Drücken von **(PSE)** während der Programmeingabe fügt die Anweisung PSE (*Pause*) ein. Dadurch wird das Programm für etwa eine Sekunde unterbrochen, und es wird der Inhalt des X-Registers angezeigt. Wenn die Anweisung PSE unmittelbar auf die Anweisung VIEW oder eine Gleichung, die angezeigt wird (Flag 10 ist gesetzt) folgt, dann wird stattdessen die Variable oder Gleichung angezeigt; die Anzeige bleibt auch nach der Pause von einer Sekunde bestehen.

Unterbrechen eines laufenden Programms

Sie können ein laufendes Programm jederzeit unterbrechen, indem Sie **(C)** oder **(R/S)** drücken. Das Programm schließt die Ausführung der aktuellen Anweisung ab, bevor es anhält. Drücken Sie wieder **(R/S)** (*Run/Stop*), um das Programm fortzusetzen.

Wenn Sie **(XEQ)**, **(GTO)** oder **(RTN)** drücken, nachdem Sie ein Programm unterbrochen haben, kann das Programm *nicht* durch Drücken von **(R/S)** fortgesetzt werden – es ist erneut **(XEQ)** Label auszuführen.

Fehlerbedingte Stopps

Tritt ein Fehler während des Programmablaufs auf, so wird das Programm angehalten und eine Meldung ausgegeben. (Sie finden eine Auflistung der Meldungen und Fehlerursachen im Anhang E.)

Sie können die fehlerverursachende Programmzeile ansehen, indem Sie **(PRGM)** drücken. Das Programm hat an dieser Zeile angehalten. (Es kann sich z.B. um eine Anweisung “÷” handeln, welche eine unzulässige Division durch Null verursacht).

Bearbeiten eines Programms

Durch Einfügen, Löschen oder Bearbeiten von Programmzeilen können Sie ein im Programmspeicher abgelegtes Programm modifizieren. Wenn eine Programmzeile eine Gleichung enthält, können Sie die Gleichung bearbeiten – die anderen Programmzeilen müssen Sie ganz löschen und dann eine neue Zeile einfügen, selbst wenn nur eine kleine Änderung vorzunehmen ist.

Um eine Programmzeile zu löschen gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Wählen Sie das entsprechende Programm oder die entsprechende Routine (mit der Eingabe \leftarrow $\boxed{\text{GTO}}$ *Label*), aktivieren Sie den Programmeingabe-Modus (\leftarrow $\boxed{\text{PRGM}}$) und drücken Sie \leftarrow ∇ oder \leftarrow \blacktriangle zur Suche nach der zu ändernden Zeile. Halten Sie die Pfeiltaste gedrückt, um das Programm zu durchblättern. (Wenn Sie die Zeilennummer bereits kennen, so können Sie durch Drücken von \leftarrow $\boxed{\text{GTO}}$ \odot *Label nn* den Programmzeiger an die gewünschte Stelle setzen).
2. Löschen Sie die zu modifizierende Zeile – wenn sie eine Gleichung enthält, durch Drücken von \leftarrow $\boxed{\text{CLEAR}}$ {EQN}, sonst durch Drücken von \leftarrow . Der Programmzeiger wird daraufhin auf die *vorangehende Zeile* gesetzt. (Wenn Sie mehrere aufeinanderfolgende Programmzeilen löschen möchten, sollten Sie daher mit der *letzten* Zeile beginnen)
3. Tippen Sie falls erforderlich die neue Anweisung ein. Durch sie wird die gelöschte Anweisung ersetzt.
4. Verlassen Sie den Programmeingabe-Modus durch Drücken von $\boxed{\text{C}}$ oder \leftarrow $\boxed{\text{PRGM}}$).

Um eine Programmzeile einzufügen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Suchen Sie die Zeile auf, welche der Stelle *vorangeht*, an der die neue Zeile eingefügt werden soll.
2. Tippen Sie die neue Anweisung ein; sie wird *nach* der gerade angezeigten Zeile eingefügt.

Wenn Sie z.B. eine neue Zeile zwischen den Zeilen A04 und A05 eines Programms einfügen möchten, so müssen Sie zuerst Zeile A04 anzeigen und dann die Anweisung(en) eintippen. Die nachfolgenden Programmzeilen, beginnend mit der ursprünglichen Zeile A05, werden nach unten verschoben und neu durchnummeriert.

Um eine Gleichung in einer Programmzeile zu bearbeiten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Suchen Sie und zeigen Sie die Programmzeile an, die die Gleichung enthält.
2. Drücken Sie **[←]**. Dies schaltet den Cursor "█" zur Bearbeitung der Gleichung ein; in der Gleichung wird aber noch nichts verändert.
3. Drücken Sie **[←]** so oft wie nötig, um die gewünschte Funktion oder Zahl zu löschen, und geben Sie dann die Änderungen ein.
4. Drücken Sie **[ENTER]**, um die Bearbeitung abzuschließen.

Der Programmspeicher

Ansehen des Programmspeichers

Drücken von **[←] [PRGM]** aktiviert/deaktiviert den Programmeingabe-Modus; bei aktiviertem Programmeingabe-Modus wird der Inhalt des Programmspeichers angezeigt.

Der Programmspeicher beginnt mit PRGM TOP. Die Auflistung der Programmzeilen ist zyklisch, weshalb Sie den Programmzeiger über den Anfang direkt an das Ende der Liste bewegen können, und umgekehrt. Während der Programmeingabe-Modus aktiviert ist, kann der Programmzeiger (die angezeigte Zeile) wie folgt verschoben werden:

- Verwenden Sie die Pfeiltasten **[←] [↓]** und **[←] [↑]**. Drücken von **[←] [↓]** an der letzten Zeile verschiebt den Zeiger auf PRGM TOP, während das Drücken von **[←] [↑]** bei PRGM TOP den Zeiger auf die letzte Programmzeile verschiebt.

Um mehrere Zeilen pro Tastendruck durchzusehen ("zu rollen"), ist die Taste  oder  gedrückt zu halten.

- Drücken Sie   , wenn Sie den Zeiger auf PRGM TOP setzen wollen.
- Drücken Sie   *Label nn*, wenn Sie zu einer benannten Zeile (mit Zeilennummer < 100) springen wollen.

Wenn der Programmeingabe-Modus nicht aktiv ist (keine Programmzeilen angezeigt), kann der Programmzeiger auch durch Drücken von   *Label* an die betreffende Zeile verschoben werden.

Das Aufheben der Programmeingabe *ändert* die Position des Programmzeigers *nicht*.

Speicherbelegung

Jede Programmzeile hat einen bestimmten Speicherbedarf:

- Zahlen belegen 9,5 Byte, *außer* den ganzen Zahlen von 0 bis 254, welche nur 1,5 Byte benötigen.
- Alle Anweisungen belegen 1,5 Byte.
- Gleichungen belegen 1,5 Byte und zusätzlich 1,5 Byte für jede Funktion, sowie 9,5 oder 1,5 Byte für jede Zahl. Jedes Klammersymbol "(" und ")" benötigt 1,5 Byte *ausgenommen* "(" bei vorangestellten Funktionen.

Wenn während der Programmeingabe die Meldung MEMORY FULL angezeigt wird, so steht für die schon eingetippte Zeile kein Speicherplatz mehr zur Verfügung. Sie können freien Speicherplatz erzeugen, indem Sie andere Programme oder Daten löschen (siehe "Löschen eines oder mehrerer Programme" unten, oder "Speicherverwaltung" im Anhang B).

Programmkatalog (MEM)

Der Programmkatalog stellt eine Auflistung aller Programm-Labels mit der jeweils belegten Anzahl von Byte dar. Drücken Sie

 **MEM** {PGM} zur Anzeige des Katalogs, wobei Sie mit   oder   den Listenzeiger verschieben können. Der Katalog bietet folgende Anwendungsmöglichkeiten:

- Ansehen der im Programmspeicher enthaltenen Labels sowie der Speicherbelegung jedes benannten Programms bzw. jeder benannten Routine.
- Ausführen eines benannten Programms. (Drücken Sie **XEQ** oder **R/S**, während das Label angezeigt wird).
- Anzeigen eines benannten Programms. (Drücken Sie  **PRGM**, während das Label angezeigt wird).
- Löschen eines bestimmten Programms. (Drücken Sie  **CLEAR**, während das Label angezeigt wird).
- Ansehen der Prüfsumme, welche zu einem bestimmten Programmsegment gehört. (Drücken Sie  **SHOW**).

Der Katalog zeigt Ihnen an, wieviel Speicherplatz von einem benannten Programmsegment belegt wird. Die Programme/ Segmente sind jeweils durch Labels gekennzeichnet:

```
LBL C    061,5
```

Hierbei ist 61,5 die Anzahl der Byte, die durch das Programm belegt wird.

Löschen eines oder mehrerer Programme

Um ein bestimmtes Programm im Speicher zu löschen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie  **MEM** {PGM} und lassen Sie sich das Label des Programms anzeigen (über   und  .
2. Drücken Sie  **CLEAR**.
3. Drücken Sie **C**, um die Kataloganzeige aufzuheben oder , um zur nächsthöheren Ebene zurückzugehen.

Um alle Programme im Programmspeicher zu löschen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie **←** **PRGM** um den Programmeingabe-Modus zu aktivieren (der Indikator **PRGM** wird angezeigt).
2. Drücken Sie **←** **CLEAR** {PGM} um den Speicher zu löschen.
3. CL PGMS? Y N erwartet eine Bestätigung. Drücken Sie {Y}.
4. Drücken Sie **←** **PRGM**, um den Programmeingabe-Modus zu verlassen.

Durch (**←** **CLEAR** {ALL}) werden ebenfalls alle Programme gelöscht.

Die Prüfsumme

Die *Prüfsumme* stellt einen eindeutigen hexadezimalen Wert für jedes Programm-Label und dessen zugehörige Programmzeilen (bis zum nächsten Label) dar. Sie ermöglicht den Vergleich zwischen einer bekannten Prüfsumme und der eines eingetippten Programms. Sind die beiden Werte nicht gleich, so wurde bei der Programmeingabe die vorgegebene Tastenfolge nicht eingehalten. Um die Prüfsumme anzuzeigen:

1. Drücken Sie **←** **MEM** {PGM} zur Anzeige der Programm-Labels.
2. Holen Sie das gewünschte Label mit Hilfe der Pfeiltasten in die Anzeige.
3. Drücken Sie **→** und halten Sie **SHOW** gedrückt, um CK=Wert anzuzeigen.

Lassen Sie sich zum Beispiel die Prüfsumme des aktuellen Programms (des Programms "Zylinder") anzeigen:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
← MEM {PGM}	LBL Z 061,5	Anzeige des Labels Z; das zugehörige Programm belegt 61,5 Byte.
→ SHOW (hold)	CK=6047 061,5	Prüfsumme und Länge.

Wenn Ihre Prüfsumme *nicht* mit dieser übereinstimmt, dann haben Sie dieses Programm nicht korrekt eingegeben.

Sie werden sehen, daß bei allen Anwendungsprogrammen in den Kapiteln 15 bis 17 nach jeder benannten Routine auch der Wert der Prüfsumme angegeben ist, so daß Sie überprüfen können, ob Sie das Programm korrekt eingegeben haben.

Zusätzlich besitzt noch jede Gleichung in einem Programm eine Prüfsumme. Sehen Sie hierzu im Abschnitt "Eingabe einer Gleichung in eine Programmzeile" weiter vorn in diesem Kapitel nach.

Nicht programmierbare Funktionen

Nachstehende Funktionen des HP 32SII lassen sich *nicht* in Programmen verwenden:

 CLEAR {PGM}	 GTO  
 CLEAR {ALL}	 GTO  Label nn
	 MEM
  ,  	 SHOW
 PRGM	 EQN
	 FDISP

Programmierung mit BASE (Zahlensystem)

Sie können unter Verwendung der Anweisung  BASE die jeweilige Zahlenbasis wechseln. Diese Einstellungen arbeiten in Programmen genauso, wie bei Aufruf über das Tastenfeld. Dies erlaubt Ihnen das Schreiben von Programmen, die in allen vier Zahlensystemen die Zahleneingabe, Arithmetik und Ausgabe von Ergebnissen erlauben. Wenn Sie Programme schreiben, die Zahlen verwenden, die nicht im Dezimalsystem dargestellt werden, dann wählen Sie (durch eine Anweisung) die entsprechende Zahlenbasis für die Zahleneingabe und auch als aktuelle Formateinstellung für den Rechner.

Festlegung einer Zahlenbasis in einem Programm

Fügen Sie eine der Anweisungen BIN, OCT oder HEX am Anfang des Programms ein. Normalerweise sollte am Ende des Programms die Anweisung DEC stehen, so daß der Rechner nach dem Programmende wieder auf die Dezimaldarstellung eingestellt ist. Eine Anweisung zum Wechsel des Zahlensystems in einem Programm entscheidet darüber, wie *während und nach der Programmausführung* Eingaben interpretiert werden und wie Anzeigen dargestellt werden. Die Programmzeilen werden jedoch während deren Eingabe davon nicht beeinflusst. Die Funktionen SOLVE und \int FN zur Auswertung von Gleichungen stellen automatisch das Dezimalsystem als Zahlenbasis ein.

In Programmzeilen stehende Zahlen

Legen Sie die Zahlenbasis vor Beginn der Programmeingabe fest. Die aktuelle Festlegung gilt auch für die Zahlen, die in Programmzeilen eingegeben werden. Die Anzeige dieser Zahlen verändert sich, wenn Sie das Zahlensystem ändern. Die Nummern der Programmzeilen werden immer im Dezimalsystem dargestellt.

Ein Indikator weist Sie auf die momentan eingestellte Zahlenbasis hin. Vergleichen Sie unten die Programmzeilen in der linken und rechten Spalte. Alle Zahlen, die keine Dezimalzahlen sind, werden in der Anzeige des Rechners rechtsbündig angezeigt. Beachten Sie, daß die Zahl 10 im Hexadezimalsystem als "A" dargestellt wird.

Dezimalsystem:

```
⋮  
  PRGM  
A09 HEX  
  PRGM  
A10 10  
⋮
```

Hexadezimalsystem:

```
⋮  
  PRGM  HEX  
A09 HEX  
  PRGM  HEX  
A10      A  
⋮
```

Polynome und Hornersches Schema

Einige Ausdrücke, z.B. Polynome, enthalten mehrmals die gleiche Variable als Unbekannte. In dem Ausdruck

$$Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E$$

kommt z.B. die Variable x an vier verschiedenen Stellen vor. Ein Programm zur Lösung dieser Gleichung könnte wiederholt eine gespeicherte Kopie von x aus einer Variablen abrufen. Allerdings besteht eine kürzere Lösung dieses Problems darin, den Stack mit einer Konstanten aufzufüllen (siehe "Auffüllen des Stacks mit einer Konstanten" im Kapitel 2).

Das Hornersche Schema ist ein hilfreiches Verfahren zum Umordnen eines Polynoms, um Rechenschritte und Rechenzeit einzusparen. Es ist besonders nützlich bei den Funktionen SOLVE und \int FN, deren Ausführung etwas länger dauert und die Unterprogramme verwenden.

Diese Methode besteht in einer Umordnung des Polynoms in eine ineinandergeschachtelte Form, die die Exponenten, die größer als eins sind, eliminiert:

$$\begin{aligned} & Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E \\ & (Ax^3 + Bx^2 + Cx + D)x + E \\ & ((Ax^2 + Bx + C)x + D)x + E \\ & (((Ax + B)x + C)x + D)x + E \end{aligned}$$

Beispiel:

Schreiben Sie ein Programm mit UPN-Operationen zur Berechnung von $5x^4 + 2x^3$ in der Form $((((5x + 2)x)x)x)$, und berechnen Sie den Ausdruck für den Wert $x = 7$.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow PRGM	PRGM TOP	Aktiviert den Programmeingabe-Modus.
\leftarrow GTO 0 0		
\leftarrow LBL P	P01 LBL P	
\leftarrow INPUT X	P02 INPUT X	Belegt alle Register des Stack mit x .
ENTER	P03 ENTER	
ENTER	P04 ENTER	
ENTER	P05 ENTER	
5	P06 5	
\times	P07 \times	$5x$.
2	P08 2	
+	P09 +	$5x + 2$.
\times	P10 \times	$(5x + 2)x$.
\times	P11 \times	$(5x + 2)x^2$.
\times	P12 \times	$(5x + 2)x^3$.
\rightarrow RTN	P13 RTN	
\leftarrow MEM {PGM}	LBL P 019,5	Das Programm mit dem Label P belegt 19,5 Byte.
\rightarrow SHOW	CK=7FB4 019,5	Prüfsumme und Länge.
C C		Verläßt den Programmeingabe-Modus.

Werten Sie nun das Polynom für $x = 7$ aus.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
XEQ P	X? Wert	Eingabeaufforderung für x .
7 R/S	12.691,0000	Ergebnis.

Eine allgemeinere Form dieses Programms zum Lösen jeder Gleichung der Form $((Ax + B)x + C)x + D)x + E$ ist das folgende:

```
P01 LBL P
P02 INPUT A
P03 INPUT B
P04 INPUT C
P05 INPUT D
P06 INPUT E
P07 INPUT X
P08 ENTER
P09 ENTER
P10 ENTER
P11 RCL× A
P12 RCL+ B
P13 ×
P14 RCL+ C
P15 ×
P16 RCL+ D
P17 ×
P18 RCL+ E
P19 RTN
```

Prüfsumme und Länge: E93F 028,5

Programmiertechniken

Kapitel 12 behandelte die Grundlagen der Programmierung. Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich mit anspruchsvolleren, aber nützlichen Techniken:

- Verwendung von Unterprogrammen zur Gliederung von Programmen. Programmteile, welche zur Bearbeitung einer speziellen Aufgabe dienen, werden mit einem Label versehen und vom Hauptprogramm getrennt. Unterprogramme dienen auch zur Verkürzung eines Programms, welches eine Reihe von Rechenschritten wiederholt ausführen muß.
- Verwendung von Bedingungen (Vergleichsergebnisse und Flags) zur Entscheidung, welche Anweisungen oder Unterprogramme für eine bestimmte Aufgabe benutzt werden sollen.
- Verwendung von Schleifen mit Zählern, um einen Satz von Anweisungen n -mal auszuführen.
- Verwendung von indirekter Adressierung, um auf unterschiedliche Variablen über die gleiche Anweisung zugreifen zu können.

Routinen in Programmen

Ein Programm setzt sich aus einer oder mehreren *Routinen* zusammen, die ablauffähige Einheiten zur Ausführung einer speziellen Aufgabe darstellen. Wird ein Programm zu komplex, so ist eine Aufgliederung in mehrere kleinere Einheiten vorteilhaft. Das Programm läßt sich dann einfacher schreiben, modifizieren und testen.

Sehen Sie sich z.B. das Programm für die Normalverteilung im Kapitel 16 an. Dieses Programm besitzt vier Routinen mit den Labels S, D, N und F. Routine S initialisiert das Programm durch

die Sammlung der Eingabedaten für die Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung. Routine D legt die Integrationsgrenzen fest, führt Routine N aus und zeigt das Ergebnis an. Routine N selbst integriert die in Routine F definierte Funktion und schließt die Berechnung von $Q(x)$ ab.

Normalerweise beginnt eine Routine mit einem Label (LBL) und endet mit einer Anweisung, welche die Programmausführung steuert (wie z.B. RTN, GTO, STOP oder ein weiteres Label).

Aufrufen von Unterprogrammen (XEQ, RTN)

Ein *Unterprogramm* ist eine Routine, die von einer anderen Routine *aufgerufen* bzw. *ausgeführt* wird und zur aufrufenden Routine *zurückkehrt*, nachdem sie abgeschlossen wurde. Das Unterprogramm muß mit LBL beginnen und mit RTN enden. Es kann selbst wieder ein anderes Unterprogramm aufrufen.

- XEQ muß, um ein Unterprogramm aufzurufen, zu einem Label (LBL) verzweigen (nicht zu einer Zeilennummer).
- Sobald das nächste RTN auftritt, kehrt das Programm zu der Zeile zurück, welche dem XEQ folgt.

Zum Beispiel stellt die oben erwähnte Routine Q ein Unterprogramm dar (zur Berechnung von $Q(x)$), welches von Routine D in Zeile D03 XEQ Q aufgerufen wird. Routine Q endet mit RTN, wodurch das Programm mit Routine D (zum Speichern und Anzeigen des Ergebnisses) in Zeile D04 fortfährt. Siehe untenstehendes Flußdiagramm.

Die Flußdiagramme in diesem Kapitel verwenden die folgenden Bezeichnungen:

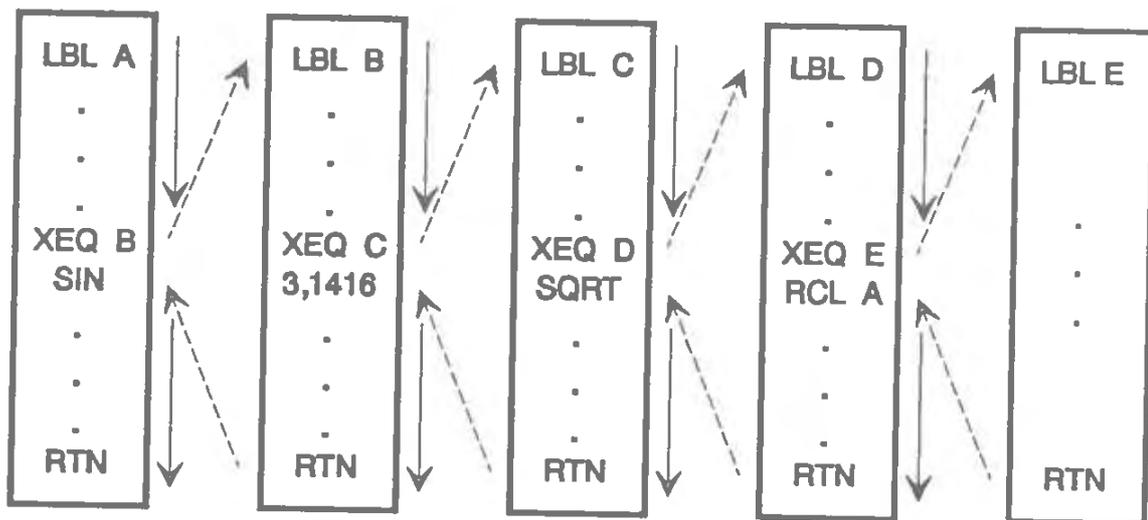
- | | |
|--------------|---|
| A05 GTO B →① | Die Programmausführung verzweigt von dieser Zeile zu der mit ←① markierten Zeile. |
| E01 LBL B ←① | Die Programmausführung verzweigt von einer mit →① markierten Zeile zu dieser Zeile. |

D01 LBL D		Startet hier.
D02 INPUT X		
D03 XEQ Q	→①	Ruft Unterprogramm Q auf.
D04 STO Q	←②	Kehrt hierher zurück.
D05 VIEW Q		
D06 GTO D		Startet D erneut.
Q01 LBL Q	←①	Startet Unterprogramm.
⋮		
Q16 RTN	→②	Kehrt zur Routine D zurück.

Verschachtelte Unterprogramme

Ein Unterprogramm kann ein zweites Unterprogramm aufrufen und dieses ein weiteres, usw.; diese "Verschachtelung" von Unterprogrammen – das Aufrufen eines Unterprogramms innerhalb eines Unterprogramms – ist auf sieben Ebenen (ohne Berücksichtigung der Hauptprogrammebene) beschränkt. Der Ablauf bei verschachtelten Unterprogrammen ist nachfolgend dargestellt:

Hauptprogramm
(Oberste Ebene)



Programmende

Der Versuch der Ausführung eines über mehr als 7 Ebenen verschachtelten Unterprogramms führt zur Fehlermeldung XEQ OVERFLOW.

Beispiel: Verschachteltes Unterprogramm.

Das nachfolgende Unterprogramm mit dem Label S berechnet den Ausdruck

$$\sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2}$$

als Teil einer längeren Berechnung in einem größeren Programm. Das Unterprogramm ruft ein *weiteres* Unterprogramm mit dem Label Q auf, um das wiederholte Quadrieren und Addieren auszuführen. Dadurch wird das Hauptprogramm kürzer als ohne Unterprogramm.

S01	LBL S		Start des Unterprogramms.
S02	INPUT A		Eingabe von A.
S03	INPUT B		Eingabe von B.
S04	INPUT C		Eingabe von C.
S05	INPUT D		Eingabe von D.
S06	RCL D		Ruft die Daten in den Stack zurück.
S07	RCL C		
S08	RCL B		
S09	RCL A		
S10	x ²		A ² .
S11	XEQ Q	→ ①	A ² + B ² .
② → S12	XEQ Q	→ ③	A ² + B ² + C ² .
④ → S13	XEQ Q	→ ⑤	A ² + B ² + C ² + D ² .
⑥ → S14	SQRT		$\sqrt{A^2 + B^2 + C^2 + D^2}$.
S15	RTN		Kehrt zur Hauptroutine zurück.
Q01	LBL Q	← ①③⑤	Verschachteltes Unterprogramm.
Q02	x<>y		
Q03	x ²		
Q04	+		Addiert x ² .
②④⑥ ← Q05	RTN		Kehrt zum Unterprogramm S zurück.

Verzweigen (GTO)

Wie Sie bei der Anwendung von Unterprogrammen bereits gesehen haben, ist es oft wünschenswert, die Programmausführung an einer anderen Stelle als der unmittelbar folgenden Programmzeile fortzusetzen. Dieser Vorgang wird als **Verzweigen** bezeichnet.

Zur unbedingten Verzweigung dient die Anweisung GTO (*go to*). Ziel der Verzweigung muß ein **Programm-Label** sein. Es ist nicht möglich, während des Programmablaufs zu einer angegebenen Programmzeile zu verzweigen.

Programmierte Anweisung GTO

Die Anweisung GTO *Label* (drücken Sie  **GTO** *Label*) springt mit der Programmausführung in die Programmzeile, welche das jeweilige Label enthält. Von dieser Zeile aus wird das Programm fortgesetzt, ohne daß eine automatische Rückkehr an den Ausgangspunkt der Verzweigung möglich ist (daher ist GTO nicht für Unterprogramme geeignet).

Betrachten Sie z.B. das Kurvenanpassungsprogramm im Kapitel 16. Die Anweisung GTO Z bewirkt eine Verzweigung von jeder der drei unabhängigen Initialisierungsroutinen zu LBL Z – der Routine, welche den gemeinsamen Eingangspunkt zum Hauptteil des Programms bildet:

S01	LBL	S		Start hier möglich.
⋮				
S05	GTO	Z	→①	Verzweigt nach Z.
L01	LBL	L		Start hier möglich.
⋮				
L05	GTO	Z	→①	Verzweigt nach Z.
E01	LBL	E		Start hier möglich.
⋮				
E05	GTO	Z	→①	Verzweigt nach Z.
Z01	LBL	Z	←①	Verzweigung hierher.
⋮				

Verwenden von GTO über Tastenfeld

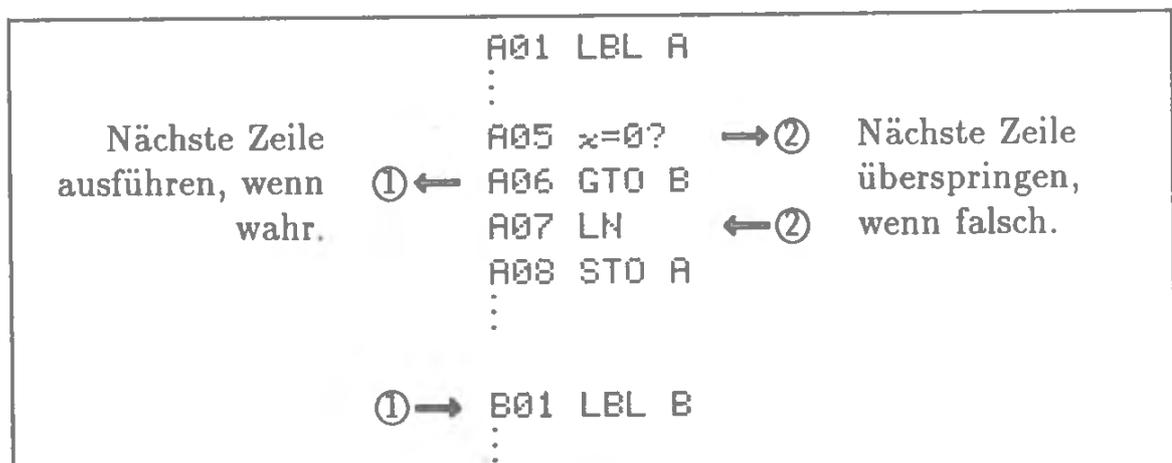
Sie können \leftarrow **GTO** zum Verschieben des Programmzeigers an ein angegebenes Label oder eine Zeilennummer benutzen, *ohne* dabei das Programm zu starten.

- Zu PRGM TOP: \leftarrow **GTO** \odot \odot .
- Zu einer Zeilennummer: \leftarrow **GTO** \odot Label nn (nn < 100). Beispiel:
 \leftarrow **GTO** \odot A05.
- Zu einem Label: \leftarrow **GTO** Label – aber nur, wenn die Programmeingabe *nicht* aktiviert ist (keine Programmzeilen in der Anzeige; **PRGM** nicht angezeigt). Beispiel: \leftarrow **GTO** A.

Bedingte Anweisungen

Ein weiterer Weg zur Änderung des Programmablaufs besteht in einer *Vergleichsoperation*, einem Wahr/Falsch-Test, welcher zwei Werte miteinander vergleicht und die nächste Programmanweisung überspringt, falls das Vergleichsergebnis "falsch" ist.

Lautet z.B. die Vergleichsoperation in Zeile A05 $x=0?$, dann vergleicht das Programm den Inhalt des X-Registers mit Null. Ist der Inhalt des X-Registers *gleich* Null, so fährt das Programm mit der Ausführung der nächsten Zeile fort. Enthält das X-Register jedoch einen Wert *ungleich* Null, so wird die nächste Programmzeile *übersprungen*, was einer Verzweigung zu Zeile A07 gleichkommt. Diese Regel ist auch als "Do if true" bekannt.



Das obige Beispiel weist auf eine allgemeine Technik zur Anwendung von Vergleichen hin: Die unmittelbar einem Test folgende Anweisung (welche nur im "Wahr"-Fall ausgeführt wird) ist eine *Verzweigung* zu einem anderen Label. Der eigentliche Zweck eines Vergleichs ist also die Verzweigung zu einer anderen Routine, sofern bestimmte Bedingungen zutreffen.

Es gibt drei Kategorien von Anweisungen, die Bedingungen auswerten:

- Vergleichsoperationen. Diese vergleichen das X- mit dem Y-Register oder das X-Register mit Null.
- Abfragen von Flags. Hierbei wird der Status eines Flags überprüft, welcher entweder gesetzt oder gelöscht sein kann.
- Inkrementieren und Dekrementieren von Schleifenzählern. Diese werden gewöhnlich zum n -maligen Durchlaufen einer Schleife benutzt.

Vergleichsoperationen ($x?y$, $x?0$)

Für Programmierzwecke gibt es 12 Vergleichsabfragen. Drücken von $\leftarrow (x?y)$ oder $\rightarrow (x?0)$ zeigt ein Menü für eine der beiden Testkategorien an:

- $x?y$ für Vergleiche von x und y .
- $x?0$ für Vergleiche von x und 0.

Denken Sie daran, daß sich x auf den Inhalt des X-Registers und y sich auf den Inhalt des Y-Registers bezieht. Es wird *nicht* die Variable X mit der Variablen Y verglichen.

Wählen Sie die gewünschte Kategorie und drücken Sie anschließend die Menütaste für den entsprechenden Vergleich:

Die Testmenüs

$x?y$	$x?0$
{≠} für $x \neq y$?	{≠} für $x \neq 0$?
{≤} für $x \leq y$?	{≤} für $x \leq 0$?
{<} für $x < y$?	{<} für $x < 0$?
{>} für $x > y$?	{>} für $x > 0$?
{≥} für $x \geq y$?	{≥} für $x \geq 0$?
{=} für $x = y$?	{=} für $x = 0$?

Wenn Sie einen Vergleichstest über das Tastenfeld ausführen, so gibt der Rechner als Antwort YES (JA) oder NO (NEIN) aus.

Beispiel:

Das Programm für die Normalverteilung im Kapitel 16 verwendet den Vergleichstest $x < y$? in Routine T:

Programmzeilen:

Beschreibung:

⋮	
T09 ÷	Berechnet den Korrekturwert für $X_{\text{Schätz}}$.
T10 STO+ X	Addiert den Korrekturwert und liefert einen neuen Wert für $X_{\text{Schätz}}$.
T11 ABS	
T12 0,0001	
T13 $x < y$?	Führt einen Vergleich durch, um festzustellen, ob die Korrektur signifikant ist.
T14 GTO T	Geht zurück zum Beginn der Schleife, wenn die Korrektur signifikant ist. Fährt mit dem Programm fort, wenn die Korrektur nicht signifikant ist.
⋮	
T15 RCL X	
T16 VIEW X	Zeigt den berechneten Wert von X an.
⋮	

Zeile T09 berechnet den Korrekturwert für $X_{\text{Schätz}}$. Zeile T13 vergleicht den Betrag des berechneten Korrekturwertes mit 0,0001. Wenn der Wert kleiner ist als 0,0001 ("Do If True"), fährt das Programm mit Zeile T14 fort; wenn der Wert gleich oder größer als 0,0001 ist, springt das Programm zu Zeile T15.

Flags

Ein Flag ist ein Statusindikator. Es ist entweder *gesetzt (wahr)* oder *gelöscht (falsch)*. Das *Testen eines Flags* ist eine weitere Vergleichsoperation, die der "Do if true" Regel folgt: Die Programmausführung wird normal fortgesetzt, wenn das Flag gesetzt ist, oder es wird eine Zeile übersprungen, wenn das Flag gelöscht ist.

Bedeutung von Flags

Der HP 32SII besitzt 12 Flags, von 0 bis 11 durchnummeriert. Jedes dieser Flags kann durch eine entsprechende Anweisung gesetzt, gelöscht oder geprüft werden, wobei das Setzen und Löschen auch vom Tastenfeld aus möglich ist. In der Grundeinstellung sind die Flags *gelöscht*. Die aus drei Tasten bestehende Operation, welche den Speicher löscht (beschrieben im Anhang B), löscht auch alle Flags. Der Status der Flags wird jedoch durch  **CLEAR** {ALL} {Y} *nicht* verändert.

- Die Flags 0, 1, 2, 3 und 4 haben keine vordefinierte Bedeutung, d.h. deren Status kann zur Kennzeichnung einer beliebigen Situation dienen (siehe nachstehendes Beispiel).
- Ist Flag 5 gesetzt, so wird der Programmablauf unterbrochen, wenn im Programm ein Überlauf eintritt, und es wird OVERFLOW und  angezeigt. Ein *Überlauf* tritt ein, wenn das Ergebnis einer Rechenoperation die größte im Rechner darstellbare Zahl überschreitet. In diesem Fall wird das Ergebnis durch die größte Zahl ersetzt. Ist Flag 5 gelöscht, so erfolgt keine Programmunterbrechung, aber es wird kurz OVERFLOW angezeigt, wenn das Programm schließlich anhält.
- Flag 6 wird *automatisch* vom Rechner gesetzt, wenn ein Überlauf eintritt (Sie können trotzdem Flag 6 auch selbst setzen). Es hat keine besondere Auswirkung, außer daß der Status abgefragt werden kann.

Die Flags 5 und 6 ermöglichen Ihnen die Steuerung von Überlauf-Situationen, welche während des Programmablaufs eintreten können. Das Setzen von Flag 5 bewirkt einen Programmstopp gleich nach der Zeile, welche den Überlauf verursachte. Durch Testen von Flag 6 in einem Programm können Sie bei jedem Überlauf den Programmablauf oder das Ergebnis ändern.

- Die Flags 7, 8 und 9 steuern die Darstellung von Brüchen. Der Status von Flag 7 kann auch vom Tastenfeld aus verändert werden. Wenn Sie durch Drücken der Tasten  (FDISP) die Bruchdarstellung ein- oder ausschalten, wird zugleich Flag 7 gesetzt oder gelöscht.

Flag-Status	Flags zur Steuerung der Bruchdarstellung		
	7	8	9
Gelöscht (Grundeinstellung)	Bruchdarstellung ausgeschaltet; Anzeige von reellen Zahlen im momentanen Anzeigeformat.	Die Nenner der Brüche sind nicht größer als der Wert /c.	Die Brüche werden so weit wie möglich gekürzt.
Gesetzt	Bruchdarstellung eingeschaltet; Anzeige von reellen Zahlen als Brüche.	Die Nenner der Brüche sind Teiler des Wertes /c.	Brüche werden nicht gekürzt. (Nur wenn Flag 8 gesetzt ist.)

- **Flag 10** steuert die Auswertung von Gleichungen in Programmen:

Wenn Flag 10 gelöscht ist (Grundzustand), werden Gleichungen in laufenden Programmen ausgewertet und das Ergebnis im Stack abgelegt.

Wenn Flag 10 gesetzt ist, werden Gleichungen in laufenden Programmen als Meldungen ausgegeben. Das Verhalten ist wie bei der Anweisung VIEW:

1. Programmausführung wird angehalten.
2. Der Programmzeiger geht zur nächsten Programmzeile.
3. Die Gleichung wird angezeigt, ohne den Stack zu benutzen. Sie können die Anzeige löschen durch Drücken der Tasten \oplus oder \ominus . Das Drücken jeder anderen Taste führt deren Funktion aus.
4. Wenn die nächste Programmzeile die Anweisung PSE ist, wird die Ausführung nach einer Pause von 1 Sekunde fortgesetzt.

Der Status von Flag 10 läßt sich nur durch Ausführen der Operationen SF und CF über das Tastenfeld oder durch die Anweisungen SF und CF in Programmen beeinflussen.

- **Flag 11** steuert die Eingabeaufforderungen bei der Bearbeitung von Gleichungen in einem Programm – *es beeinflusst nicht die automatischen Eingabeaufforderungen während der Ausführung über das Tastenfeld:*

Wenn Flag 11 gelöscht ist (Grundzustand), werden die Auswertung von Gleichungen, ihre Auflösung mit SOLVE und ihre Integration mit \int FN in Programmen ohne Unterbrechung ausgeführt. Der momentane Wert jeder Variablen wird immer automatisch zurückgerufen, wenn die Variable benötigt wird. INPUT-Eingabeaufforderungen werden dadurch nicht beeinflusst.

Wenn Flag 11 gesetzt ist, dann wird immer, wenn eine Variable zum ersten Mal in einer Gleichung vorkommt, eine Eingabeaufforderung ausgegeben. Die Eingabeaufforderung für den Wert einer Variablen wird nur beim ersten Auftreten ausgegeben, egal wie oft sie in der Gleichung vorkommt. Beim Auflösen nach einer Unbekannten wird keine Eingabeaufforderung für die Unbekannte angezeigt; beim Integrieren wird ebenfalls keine Eingabeaufforderung für die Integrationsvariable angezeigt. Eingabeaufforderungen halten die Ausführung an. Wenn Sie dann einen Zahlenwert eintippen und

R/S drücken, wird dieser Wert in die Variable übernommen, und die Berechnung wird fortgesetzt. Wenn Sie nur **R/S** drücken, wird der bisher gültige und angezeigte Wert der Variablen weiterverwendet.

Flag 11 wird automatisch gelöscht nach der Auswertung einer Gleichung oder nach der Durchführung der Funktionen SOLVE oder \int FN in einem Programm. Der Status von Flag 11 läßt sich durch die Ausführung der Operationen SF und CF über das Tastenfeld oder durch Anweisungen SF und CF in Programmen beeinflussen.

Indikatoren für gesetzte Flags

Für Flags 0, 1, 2 und 3 erscheinen Indikatoren in der Anzeige, sofern das jeweilige Flag gesetzt ist. Die Indikatoren **0**, **1**, **2** oder **3** lassen jederzeit erkennen, ob eines der vier Flags gesetzt oder gelöscht ist. Indikatoren für die Flags 4 bis 11 gibt es nicht; deren Status kann nur durch Ausführen der Funktion FS? über das Tastenfeld bestimmt werden. (Siehe "Verwendung von Flags (FS?)" weiter unten.)

Verwendung von Flags

Drücken von **→** **FLAGS** zeigt das Menü FLAGS an: {SF} {CF} {FS?}

Nachdem Sie die gewünschte Funktion gewählt haben, werden Sie zur Eingabe der Flagnummer (0-11) aufgefordert. Um z.B. Flag 0 zu setzen, ist **→** **FLAGS** {SF} 0 zu setzen; drücken Sie **→** **FLAGS** {SF} 0 bzw. **→** **FLAGS** {SF} 1, um Flag 10 bzw. Flag 11 zu setzen.

Menü FLAGS

Menütaste	Beschreibung
{SF} <i>n</i>	<i>Setze Flag.</i> Setzt Flag <i>n</i> .
{CF} <i>n</i>	<i>Lösche Flag.</i> Löscht Flag <i>n</i> .
{FS?} <i>n</i>	<i>Flag gesetzt?</i> Prüft Status von Flag <i>n</i> .

Das Prüfen eines Flags stellt eine Abfrage dar, die den Programmablauf genauso beeinflußt wie eine Vergleichsoperation. Die Anweisung FS? *n* überprüft, ob das jeweilige Flag gesetzt oder gelöscht ist. Wenn es gesetzt ist, dann wird die nächste Zeile

ausgeführt – ansonsten wird sie übersprungen. Dies ist die "Do if True"-Regel, welche unter der Überschrift "Bedingte Anweisungen" weiter vorn in diesem Kapitel erläutert wird.

Wenn Sie ein Flag über das Tastenfeld prüfen, so antwortet der Rechner mit "YES" (JA) oder "NO" (NEIN).

Sie sollten es sich beim Programmieren zur Gewohnheit machen, für das Testen von Flags von einem bekannten Status auszugehen. Der aktuelle Status eines Flags hängt davon ab, wie vorangehende Programme abgelaufen und welche Auswirkungen diese auf das jeweilige Flag gehabt haben. Sie dürfen nicht *annehmen*, daß z.B. das entsprechende Flag gelöscht ist und daß es nur innerhalb des Programms gesetzt werden kann. *Stellen Sie sicher*, daß das Flag gelöscht ist (durch die Anweisung CF), bevor die Bedingung eintritt, welche das Setzen des Flags zur Folge hat. Betrachten Sie dazu das folgende Beispiel:

Beispiel: Verwenden von Flags.

Das Programm zur Kurvenanpassung im Kapitel 16 benutzt die Flags 0 und 1, um zu entscheiden, ob es den natürlichen Logarithmus der X- und Y-Eingaben bilden soll oder nicht:

- In den Zeilen S03 und S04 werden diese beiden Flags gelöscht, so daß das Programm in den Zeilen W07 und W11 (in der Eingabe-Schleifenroutine) *nicht* den natürlichen Logarithmus der X- und Y-Eingabewerte bildet, also eine Gerade als Modellfunktion verwendet.
- In der Zeile L03 wird das Flag 0 gesetzt, so daß das Programm in Zeile W07 den natürlichen Logarithmus des X-Eingabewerts bildet, also die Logarithmusfunktion als Modellfunktion verwendet.
- In der Zeile E04 wird das Flag 1 gesetzt, so daß in Zeile W11 der natürliche Logarithmus des Y-Eingabewerts gebildet wird, also die Exponentialfunktion als Modellfunktion verwendet wird.
- In den Zeilen P03 und P04 werden beide Flags gesetzt, so daß in den Zeilen W07 und W11 der natürliche Logarithmus der beiden X- und Y-Eingabewerte gebildet wird, also die Potenzfunktion als Modellfunktion verwendet wird.

Beachten Sie, daß in den Zeilen S03, S04, L04 und E03 die Flags 0 und 1 gelöscht werden, um sicherzustellen, daß sie nur entsprechend den vier Kurvenmodellen gesetzt werden.

Programm- zeilen:	Beschreibung:
...	
S03 CF 0	Löscht Flag 0, den Indikator für $\ln X$.
S04 CF 1	Löscht Flag 1, den Indikator für $\ln Y$.
...	
L03 SF 0	Setzt Flag 0, den Indikator für $\ln X$.
L04 CF 1	Löscht Flag 1, den Indikator für $\ln Y$.
...	
E03 CF 0	Löscht Flag 0, den Indikator für $\ln X$.
E04 SF 1	Setzt Flag 1, den Indikator für $\ln Y$.
...	
P03 SF 0	Setzt Flag 0, den Indikator für $\ln X$.
P04 SF 1	Setzt Flag 1, den Indikator für $\ln Y$.
...	
W06 FS? 0	Wenn Flag 0 gesetzt ist, wird der natürliche Logarithmus des X-Eingabewerts berechnet..
W07 LN	
...	
W10 FS? 1	Wenn Flag 1 gesetzt ist, wird der natürliche Logarithmus des Y-Eingabewerts berechnet.
W11 LN	
...	

Beispiel: Steuerung der Bruchdarstellung.

Im folgenden Programm lernen Sie die Fähigkeiten des Rechners bezüglich der der Bruchdarstellung kennen. Das Programm gibt Eingabeaufforderungen aus und verwendet Ihre Eingaben als Bruchzahl und als Vorgabe für den Nenner (als Wert $/c$). Das Programm enthält auch Beispiele für die Verwendung der drei Bruchdarstellung-Flags (7, 8 und 9) und des Flags 10.

Meldungen haben in diesem Programm die Form MELDUNG und werden als Gleichungen eingegeben:

1. Schalten Sie den Gleichungseingabe-Modus durch Drücken von  **EQN** ein (der Indikator **EQN** erscheint in der Anzeige).

2. Drücken Sie **(RCL)** *Buchstabe* für jedes Alpha-Zeichen in der Meldung; drücken Sie **(SPACE)** (die Taste **(R/S)**) für jede Leerstelle.
3. Drücken Sie **(ENTER)**, um die Meldung in die momentane Programmzeile einzufügen und den Programmeingabe-Modus zu beenden.

Programmzeilen:	Beschreibung:
F01 LBL F	Beginnt das Bruchprogramm.
F02 CF 7	Löscht die drei Bruchdarstellungs-Flags.
F03 CF 8	
F04 CF 9	
F05 SF 10	Zeigt Gleichungen als Meldungen an.
F06 DEC	Wählt das Dezimalsystem.
F07 INPUT W	Eingabeaufforderung für eine Zahl.
F08 INPUT N	Eingabeaufforderung für den Nenner (2 - 4095).
F09 RCL W	
F10 DEZIMAL	Zeigt die Meldung an und danach die Dezimalzahl.
F11 PSE	
F12 STOP	
F13 RCL N	
F14 /c	Setzt den Wert /c und das Flag 7.
F15 GENAUEST	Zeigt die Meldung an und danach den Bruch.
F16 PSE	
F17 STOP	
F18 SF 8	Setzt Flag 8.
F19	Zeigt die Meldung an und danach den Bruch.
GEKÜRZTER BRUCH	
F20 PSE	
F21 STOP	
F22 SF 9	Setzt Flag 9.
F23 FESTER NENNER	Zeigt die Meldung an und danach den Bruch.
F24 PSE	
F25 STOP	
F26 GTO F	Geht zum Beginn des Programms zurück.

Prüfsumme und Länge: 10C3 102,0

Verwenden Sie das obige Programm, um sich die verschiedenen Formen der Bruchdarstellung anzusehen:

Tastensequenz	Anzeige	Beschreibung
XEQ F	W? Wert	Führt das Programm ab Label F aus; erwartet den Wert für eine Bruchzahl (<i>W</i>).
2,53 R/S	N? Wert	Speichert 2,53 in <i>W</i> ; erwartet den Wert für den Nenner (<i>N</i>).
16 R/S	DEZIMAL 2,5300	Speichert 16 als Wert für <i>/c</i> . Zeigt die Meldung und danach die Dezimalzahl an.
R/S	GENAUEST ▼ 2 8/15	Die Meldung weist auf das Bruchformat hin (der Nenner ist nicht größer als 16), danach wird der Bruch angezeigt. Der Indikator ▼ zeigt an, daß der richtige Wert "geringfügig kleiner" als $2 \frac{8}{15}$ ist.
R/S	GEKÜRZTER BRUCH ▲ 2 1/2	Die Meldung weist auf das Bruchformat hin (der Nenner ist ein Teiler von 16), danach wird der Bruch angezeigt.
R/S	FESTER NENNER ▲ 2 8/16	Die Meldung weist auf das Bruchformat hin (Der Nenner ist gleich 16), danach wird der Bruch angezeigt.
R/S C → FLAGS {CF} 0	2,5300	Hält das Programm an und löscht Flag 10.

Programmschleifen

Das Zurückspringen auf ein Label in einer vorhergehenden Zeile ermöglicht die mehrfache Ausführung eines Programnteils. Dieses Programmteil wird auch als *Schleife* bezeichnet.

```
D01 LBL D
D02 INPUT M
D03 INPUT N
D04 INPUT T
D05 GTO D
```

Diese Routine (Teil des Programms "Koordinatentransformationen" im Kapitel 15) ist ein Beispiel für eine *unbestimmte* Schleife. Sie wird dazu benutzt, die Anfangswerte vor Ausführung der Koordinatentransformation zu sammeln. Nach Eingabe der drei Werte bleibt es dem Anwender überlassen, die Schleife zu unterbrechen, indem er die gewünschte Konvertierung wählt (Drücken von XEQ N für "alt nach neu" oder XEQ O für "neu nach alt").

Bedingte Schleifen (GTO)

Wenn Sie eine Operation so lange ausführen möchten, bis eine bestimmte Bedingung erfüllt ist (wobei nicht bekannt ist, wie oft die Schleife dabei wiederholt werden muß), können Sie eine Schleife mit einer Abfrage und der Anweisung GTO erzeugen. Zum Beispiel benutzt die nachstehende Routine eine Schleife zur Reduzierung des Wertes *A* um einen konstanten Betrag *B*, bis *A* kleiner oder gleich *B* ist.

Programmzeilen:
 A01 LBL A
 A02 INPUT A
 A03 INPUT B
 Prüfsumme und Länge: 6157 004,5

Beschreibung:

S01 LBL S	
S02 RCL A	A abzurufen ist einfacher, als zu verfolgen, wo es sich im Stack befindet.
S03 RCL- B	Berechnet $A - B$.
S04 STO A	Ersetzt altes A durch neuen Wert.
S05 RCL B	Ruft Konstante für Vergleich ab.
S06 $x < y?$	Ist B kleiner als das neue A?
S07 GTO S	Ja: Rücksprung, um Subtraktion zu wiederholen.
S08 VIEW A	Nein: Zeigt neues A an.
S09 RTN	
Prüfsumme und Länge: 5FE1 013,5	

Schleifen mit Zähler (DSE, ISG)

Wenn Sie genau wissen, wie oft eine Schleife durchlaufen werden soll, stehen Ihnen zwei Spezialfunktionen zur Verfügung:  **ISG** (*increment; skip if greater than*) erhöht bei jedem Schleifendurchlauf einen Schleifenzähler und überspringt die nächste Programmzeile, wenn der Zähler einen Vergleichswert überschreitet.  **DSE** (*decrement; skip if less than or equal to*) reduziert bei jedem Schleifendurchgang einen Schleifenzähler und überspringt die nächste Programmzeile, wenn der Zähler einen bestimmten Vergleichswert erreicht oder unterschreitet.

Verwenden Sie für eine absteigende Schleife  **DSE** Variable

Verwenden Sie für eine aufsteigende Schleife  **ISG** Variable

Diese Funktionen entsprechen einer FOR-NEXT-Schleife in BASIC:

FOR Variable = Anfangswert TO Endwert STEP Schrittweite

⋮

NEXT Variable

Die Anweisung DSE ist äquivalent zu einer FOR-NEXT-Schleife mit einer negativen Schrittweite.

Wenn Sie die umgeschaltete Taste für ISG oder DSE ( ISG) oder  DSE) gedrückt haben, werden Sie zur Eingabe einer Variablen aufgefordert, welche die *Schleifensteuerzahl* darstellt.

Die Schleifensteuerzahl

Die angegebene Variable dient zur Speicherung der Schleifensteuerzahl, welche das Format $\pm cccccc,fffii$ besitzt, wobei gilt:

- $\pm cccccc$ ist der momentane Wert des Zählers (1 bis 12 Stellen); er *ändert* sich während der Schleifenausführung.
- fff ist der Endwert des Zählers (muß 3-stellig sein); er bleibt während der Schleifenausführung *gleich*.
- ii ist die Schrittweite (muß 2-stellig sein oder weggelassen werden); sie *ändert* sich *nicht*. Wird kein Wert angegeben, dann benutzt der Rechner den Wert 01 für ii .

Bei einer gegebenen Schleifensteuerzahl $ccccc,fffii$ reduziert DSE $ccccc$ auf $ccccc - ii$, vergleicht das neue $ccccc$ mit fff und überspringt die nächste Programmzeile, falls $ccccc \leq fff$,

Bei einer gegebenen Schleifensteuerzahl $ccccc,fffii$ erhöht ISG $ccccc$ auf $ccccc + ii$, vergleicht das neue $ccccc$ mit fff und überspringt die nächste Programmzeile, falls $ccccc > fff$.

	① → W01 LBL W ⋮ W09 DSE A → ② ① ← W10 GTO W W11 XEQ X ← ② ⋮	
Wenn moment. Wert > Endwert, Schleife fortsetzen.		Wenn moment. Wert ≤ Endwert, Schleife verlassen.
	① → W01 LBL W ⋮ W09 ISG A → ② ① ← W10 GTO W W11 XEQ X ← ② ⋮	
Wenn moment. Wert ≤ Endwert, Schleife fortsetzen.		Wenn moment. Wert > Endwert, Schleife verlassen.

Zum Beispiel bedeutet eine Schleifensteuerzahl von 0,050 für ISG: Der Zähler läuft von 0 bis 50 und wird je Schleifendurchlauf um 1 erhöht.

Das nachstehende Programm verwendet ISG zum 10-maligen Durchlaufen einer Schleife. Die Schleifensteuerzahl (0000001,01000) ist in der Variablen Z gespeichert. Führende und nachfolgende Nullen können weggelassen werden.

```
L01 LBL L
L02 1,01
L03 STO Z
M01 LBL M
M02 ISG Z
M03 GTO M
M04 RTN
```

Drücken Sie  **VIEW** Z zur Anzeige der Schleifensteuerzahl, welche inzwischen den Wert 11,0100 angenommen hat.

Indirekte Adressierung von Variablen und Labeln

Indirekte Adressierung wird bei fortgeschrittener Programmierung zur Angabe einer Variablen oder eines Labels verwendet, *ohne von vornherein festzulegen, um welche es sich handelt*. Dies erfolgt erst beim Programmablauf, abhängig von einem Zwischenergebnis (oder einer Eingabe).

Indirekte Adressierung benutzt zwei verschiedene Tasten: \textcircled{i} (Taste $\textcircled{\ominus}$) und $\textcircled{(i)}$ (Taste $\textcircled{R/S}$), wobei kein Zusammenhang zur Variablen *I* besteht. Diese Tasten sind für viele Funktionen aktiv, welche *A* bis *Z* als Variablen oder Labels verwenden.

- *i* ist eine Variable, deren Inhalt auf eine *andere* Variable oder auf ein Label Bezug nehmen kann. Wie jede andere Variable (von *A* bis *Z*) enthält sie nur eine Zahl.
- $\textcircled{(i)}$ ist eine Programmierungsfunktion. Sie bedeutet: "Verwende die Zahl in *i* um festzulegen, welche Variable oder welches Label adressiert werden soll." Dieses Verfahren wird als *indirekte Adressierung* bezeichnet. (*A* bis *Z* sind *direkte Adressen*.)

\textcircled{i} und $\textcircled{(i)}$ werden zusammen zum Erzeugen einer indirekten Adresse benutzt (siehe Beispiel unten). Nur für sich betrachtet ist *i* eine Variable wie jede andere. Für sich allein ist $\textcircled{(i)}$ entweder undefiniert (keine Zahl in *i*) oder unkontrolliert (Verwendung dessen, was zufällig in *i* steht).

Die Variable "i"

Der Inhalt von *i* kann gespeichert, zurückgerufen und manipuliert werden, wie jeder andere Variableninhalt. Sie können sogar Gleichungen nach *i* auflösen und über *i* integrieren. Die unten aufgelisteten Funktionen können *i* direkt verwenden.

STO <i>i</i>	INPUT <i>i</i>	DSE <i>i</i>
RCL <i>i</i>	VIEW <i>i</i>	ISG <i>i</i>
STO +, -, ×, ÷ <i>i</i>	∫ FN <i>d i</i>	
RCL +, -, ×, ÷ <i>i</i>	SOLVE <i>i</i>	

Indirekte Adresse, (i)

Viele Funktionen, die A bis Z (als Variablen oder Labels) verwenden, können auch (i) zur *indirekten* Bezugnahme auf A bis Z (Variablen oder Labels) oder auf Statistikregister verwenden. Die Funktion (i) benutzt den Wert in i um festzulegen, welche Variable, welches Label oder Register zu adressieren ist. Die folgende Tabelle zeigt den Zusammenhang.

Inhalt von i :	Durch (i) definierte Adresse:
± 1	Variable A oder Label A
\vdots	\vdots
± 26	Variable Z oder Label Z
± 27	Variable i
± 28	Register für n
± 29	Register für Σx
± 30	Register für Σy
± 31	Register für Σx^2
± 32	Register für Σy^2
± 33	Register für Σxy
≥ 34 oder ≤ -34 oder 0	Fehler: INVALID (i)

Es wird nur der Betrag des ganzzahligen Teils des Wertes in i zur Adressierung verwendet.

Die Operationen INPUT(i) und VIEW(i) stellen in der Anzeige zusammen mit dem Zahlenwert auch den Namen der indirekt adressierten Variablen oder des indirekt adressierten Registers dar.

Das Menü SUMS ermöglicht Ihnen den Rückruf von Werten aus den Statistikregistern. Um andere Operationen wie z.B. STO, VIEW und INPUT auszuführen, müssen Sie jedoch die indirekte Adressierung verwenden.

Nachstehend finden Sie die Funktionen, welche (i) als Adresse benutzen können. Für GTO, XEQ und FN= bezieht sich (i) auf ein

Label; für alle anderen Funktionen bezieht es sich auf eine Variable oder ein Register.

STO(i)	INPUT(i)
RCL(i)	VIEW(i)
STO+, -, ×, ÷ (i)	DSE(i)
RCL+, -, ×, ÷ (i)	ISG(i)
XEQ(i)	SOLVE(i)
GTO(i)	∫FN d(i)
	FN=(i)

Programmsteuerung mit (i)

Da der Inhalt von *i* sich bei jedem Programmablauf ändern kann – sogar in verschiedenen Teilen des gleichen Programms – kann eine Programmanweisung wie GTO(i) zu unterschiedlichen Zeitpunkten zu unterschiedlichen Labels verzweigen. Dadurch, daß zunächst offenbleibt (bis zum Programmablauf), welche Variable oder welches Label gilt, ist eine größere Flexibilität gewährleistet (siehe erstes Beispiel unten). Indirekte Adressierung ist sehr hilfreich bei der Steuerung von Schleifen. Die Variable *i* dient als *Index*, der die Adresse der Variablen enthält, welche die Schleifensteuerzahl für die Funktionen DSE und ISG enthält (siehe zweites Beispiel unten).

Beispiel: Wählen eines Unterprogramms mit (i).

Das Kurvenanpassungsprogramm im Kapitel 16 verwendet die indirekte Adressierung zur Bestimmung des Kurvenmodells. (Unterschiedliche Unterprogramme berechnen *x* und *y* für die verschiedenen Modelle.) Beachten Sie, daß *i* gespeichert wird und später in weit auseinander liegenden Teilen des Programms zur indirekten Adressierung verwendet wird. Die ersten vier Routinen (S,L,E,P) des Programms legen die Anpassungsmodelle fest und weisen jedem eine Zahl zu (1,2,3,4). Diese Zahl wird in Routine Z, der gemeinsamen Eingangsstelle für alle Modelle, gespeichert:

```
Z03 STO i
```

Routine Y verwendet i zum Aufruf des entsprechenden Unterprogramms zur Berechnung der x - und y -Vorhersagewerte. Zeile Y03 ruft das Unterprogramm zur Berechnung von \hat{y} auf:

Y03 XEQ(i)

und Zeile Y08 ruft ein anderes Unterprogramm zur Berechnung von \hat{x} auf, nachdem i um 6 erhöht wurde:

Y06 6

Y07 STO+ i

Y08 XEQ(i)

Wenn i:	Aufruf durch XEQ(i):	Zum:
1	LBL A	Berechnen von \hat{y} für lineares Modell.
2	LBL B	Berechnen von \hat{y} für logarithmisches Modell.
3	LBL C	Berechnen von \hat{y} für exponentielles Modell.
4	LBL D	Berechnen von \hat{y} für Potenz-Modell.
7	LBL G	Berechnen von \hat{x} für lineares Modell.
8	LBL H	Berechnen von \hat{x} für logarithmisches Modell.
9	LBL I	Berechnen von \hat{x} für exponentielles Modell.
10	LBL J	Berechnen von \hat{x} für Potenz-Modell.

Beispiel: Schleifensteuerung mit (i).

Im Programm "Lösen von simultanen Gleichungen – Matrixinversions-Methode" im Kapitel 15 wird ein Indexwert in i verwendet. Dieses Programm benutzt die Schleifenanweisungen ISG i und DSE i in

Verbindung mit den indirekten Anweisungen RCL(*i*) und STO(*i*) zum Auffüllen und Manipulieren einer Matrix.

Routine A stellt den ersten Teil des Programms dar. Sie speichert die zu Beginn gültige Schleifensteuerzahl in *i*.

Programmzeilen:	Beschreibung:
A01 LBL A	Beginn der Dateneingabe.
A02 1,012	Schleifensteuerzahl: Durchlaufe die Schleife von 1 bis 12 mit einer Schrittweite von 1.
A03 STO i	Speichert die Schleifensteuerzahl in <i>i</i> .

Die nächste Routine ist L, eine Schleife zur Eingabe aller 9 bekannten Werte einer 3×3-Koeffizientenmatrix (Variablen A-I) und der drei Konstanten (J-L) für die Gleichungen.

Programmzeilen:	Beschreibung:
L01 LBL L	Diese Routine sammelt alle bekannten Werte der drei Gleichungen.
L02 INPUT(<i>i</i>)	Eingabeaufforderung für eine Zahl und Speicherung derselben in der durch <i>i</i> adressierten Variablen.
L03 ISG i	Addiert 1 zu <i>i</i> und wiederholt die Schleife, bis <i>i</i> 13,012 erreicht hat.
L04 GTO L	
L05 GTO A	Wenn <i>i</i> den Endwert des Zählers überschreitet, verzweigt das Programm zurück zu A.

Label J ist eine Schleife, die die Invertierung der 3×3-Matrix abschließt.

Programmzeilen:	Beschreibung:
J01 LBL J	Diese Routine schließt die Invertierung durch Division durch die Determinante ab.
J02 STO÷(<i>i</i>)	Dividiert ein Element.
J03 DSE i	Verringert den Indexwert, so daß er näher bei A liegt.
J04 GTO J	Geht zum Schleifenanfang zurück.
J05 RTN	Kehrt zum aufrufenden Programm oder zu PRGM TOP zurück.

Gleichungen mit (i)

Sie können **(i)** in einer Gleichung verwenden, um eine Variable indirekt anzugeben. Beachten Sie, daß sich **(i)** auf die durch die Zahl in der Variablen *i* angegebene Variable bezieht (eine *indirekte* Bezugnahme), daß aber mit *i* oder **(i)** die Variable *i* gemeint ist.

Das folgende Programm benutzt eine Gleichung zur Berechnung der Summe der Quadrate der Variablen *A* bis *Z*.

Programmzeilen:	Beschreibung:
E01 LBL E	Beginn des Programms.
E02 CF 10	Legt fest, daß Gleichungen ausgewertet werden.
E03 CF 11	Unterdrückt durch die Gleichung erzeugte Eingabeaufforderungen.
E04 1,026	Setzt Zählintervall für Zähler auf 1 bis 26.
E05 STO i	Speichert Zähler.
E06 0	Initialisiert die Summe.
Prüfsumme und Länge: EA5F 017,0	
F01 LBL F	Beginn der Summationsschleife.
F02 (i) ^2	Gleichung zur Berechnung des <i>i</i> ten Quadrats. (Drücken Sie  (EQN) , um die Gleichung aufzurufen.)
Prüfsumme und Länge der Gleichung: 48AD 006,0	
F03 +	Addiert <i>i</i> tes Quadrat zur Summe.
F04 ISG i	Erhöht <i>i</i> und testet auf Schleifenende.
F05 GTO F	Verzweigt zur nächsten Variablen.
F06 RTN	Beendet das Programm.
Prüfsumme und Länge des Programms: 19A8 013,5	

Lösung und Integration programmierter Funktionen

Lösen einer programmierten Funktion

Im Kapitel 7 haben Sie gesehen, wie Sie eine Gleichung eingeben können – sie wird in die Gleichungsliste aufgenommen – und wie Sie sie dann nach jeder Variablen auflösen können. Sie können aber auch ein *Programm* schreiben, welches eine Funktion berechnet und diese programmierte Funktion dann nach jeder Variablen auflösen. Dies ist besonders nützlich für den Fall, daß die zu lösende Funktion sich in Abhängigkeit von bestimmten Bedingungen ändert oder wenn bestimmte Rechenschritte mehrfach ausgeführt werden müssen.

Um eine programmierte Funktion zu lösen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Geben Sie ein Programm ein, das die Funktion definiert. (Siehe unten "Schreiben eines Programms für SOLVE".)
2. Wählen Sie das Programm, das die Funktion enthält: Drücken Sie **▶ FN=** *Label*. (Sie können diesen Schritt überspringen, wenn Sie dasselbe Programm anschließend nochmals benutzen.)
3. Lösen Sie nach der unbekanntem Variablen auf: Drücken Sie **▶ SOLVE** *Variable*.

Beachten Sie, daß die Funktion FN= benötigt wird, wenn Sie eine programmierte Funktion lösen, aber nicht beim Lösen einer Gleichung aus der Gleichungsliste. Um eine Berechnung anzuhalten, drücken Sie **C** oder **R/S**. Die momentan beste Näherung der Nullstelle ist in der unbekanntem Variablen abgelegt; Sie können sie mit **▶ VIEW** ansehen, ohne den Stack zu verändern. Um die Berechnung fortzusetzen, drücken Sie **R/S**.

Entwickeln eines Programms für SOLVE:

Das Programm kann Gleichungen und UPN-Operationen enthalten – in jeder Kombination, so wie es für Ihr Problem am günstigsten ist.

1. Beginnen Sie das Programm mit einem *Label*. Dieses Label identifiziert die Funktion, die Sie von SOLVE auswerten lassen wollen ($FN=Label$).
2. Sehen Sie eine INPUT-Anweisung für jede Variable vor (einschließlich der Unbekannten). Die INPUT-Anweisungen ermöglichen Ihnen das Auflösen nach jeder Variablen in einer Funktion mit mehreren Variablen. Da INPUT für die *Unbekannte* ignoriert wird, brauchen Sie nur ein Programm zu schreiben, welches *getrennte* INPUT-Anweisungen für *jede* Variable enthält (einschließlich der Unbekannten).

Wenn keine INPUT-Anweisungen vorhanden sind, benutzt das Programm die in den Variablen gespeicherten oder auf Eingabeaufforderungen hin eingegebenen Werte.

3. Geben Sie die Anweisungen zur Auswertung der Funktion ein.
 - Eine Funktion, die als mehrzeilige UPN-Sequenz programmiert ist, muß die Form eines Ausdrucks haben, der gleich Null gesetzt wird. Wenn ihre Gleichung die Form $f(x) = g(x)$, hat, sollte ihr Programm den Ausdruck $f(x) - g(x)$ berechnen. Hierbei wird " = 0 " stillschweigend angenommen.
 - Als programmierte Funktionen sind alle Arten von Gleichungen zulässig – Gleichsetzung, Zuordnung oder Ausdruck. Die Gleichung wird durch das Programm ausgewertet und gleich Null gesetzt. Wenn die Variablenwerte über von der Gleichung erzeugte Eingabeaufforderungen eingegeben werden sollen, also keine INPUT-Anweisungen verwendet werden, dann müssen Sie sicherstellen, daß Flag 11 gesetzt ist.
4. Beenden Sie das Programm mit RTN. Das Programm sollte dabei so abgeschlossen werden, daß der Funktionswert sich im X-Register (der Anzeige) befindet.

Es sind nur reelle Zahlen für SOLVE zulässig. Liegt jedoch eine komplexe Funktion vor, welche so umgeschrieben werden kann, daß die Real- und Imaginärteile isoliert sind, dann kann SOLVE die Lösung für Real- und Imaginärteil getrennt berechnen.

Beispiel: Programme unter Verwendung von UPN.

Schreiben Sie ein Programm unter Verwendung von UPN-Operationen, welches die Zustandsgleichung für ideale Gase für jede der vorkommenden Unbekannten löst. Die Gleichung lautet:

$$P \times V = N \times R \times T$$

hierbei ist

- P = Druck (in Atmosphären oder N/m^2).
- V = Volumen (in Liter).
- N = Stoffmenge des Gases (in Mol).
- R = Die universelle Gaskonstante ($8,314 J/mol-K$).
- T = Temperatur (in Kelvin: $0^\circ C = 273,1 K$).

Schalten Sie zu Beginn den Rechner in den Programmeingabe-Modus; falls nötig setzen Sie den Programmzeiger an den Beginn des Programmspeichers.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
 	PRGM TOP	Schaltet in den Programmeingabe-Modus.
   		

Tippen Sie das Programm ein:

Programmzeilen:	Beschreibung:
G01 LBL G	Identifiziert die programmierte Funktion.
G02 INPUT P	Speichert P .
G03 INPUT V	Speichert V .
G04 INPUT N	Speichert N .
G05 INPUT R	Speichert R .
G06 INPUT T	Speichert T .
G07 RCL P	Druck.
G08 RCL \times V	Druck \times Volumen.
G09 RCL N	Stoffmenge des Gases (in Mol).
G10 RCL \times R	Stoffmenge \times Gaskonstante.
G11 RCL \times T	Stoffmenge \times Gaskonstante \times Temp.
G12 -	$(P \times V) - (N \times R \times T)$.
G13 RTN	Beendet das Programm.

Prüfsumme und Länge: 053B 019,5

Drücken Sie C , um den Programmeingabe-Modus zu verlassen.

Verwenden Sie das Programm "G", um den Druck von 0,005 Mol von Kohlendioxidgas in einer 2-Liter Flasche bei 24°C zu berechnen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow (FN=) G		Wählt das Programm "G" aus, welches von SOLVE zur Bestimmung der Unbekannten ausgewertet wird.
\rightarrow (SOLVE) P	V?value	Wahl von P als Unbekannte; SOLVE erwartet Wert für V.
2 (R/S)	N?value	Speichert 2 in V; erwartet Wert für N.
,005 (R/S)	R?value	Speichert 0,005 in N; erwartet Wert für R.
,0821 (R/S)	T?value	Speichert 0,0821 in R; erwartet Wert für T.
24 (ENTER) 273,1 (+)	T?297,1000	Berechnet T.
(R/S)	SOLVING P=0,0610	Speichert 297,1 in T; berechnet P. Der Druck beträgt 0,0610 atm.

Beispiel: Programm mit einer Gleichung.

Schreiben Sie ein Programm, das das im Kapitel 6 beschriebene Verfahren zur Lösung von Gleichungen auf die Zustandsgleichung für ideale Gase anwendet.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow PRGM \leftarrow GTO 0 0	PRGM TOP	Schaltet in den Programmeingabe-Modus. Setzt den Programmzeiger an den Beginn der Programmliste.
\leftarrow LBL H	H01 LBL H	Gibt dem Programm ein Label.
\rightarrow FLAGS {SF} 0 1	H02 SF 11	Ermöglicht Eingabeaufforderungen, erzeugt durch die Gleichung.
\rightarrow EQN RCL P \times RCL V \rightarrow = RCL N \times RCL R \times RCL T ENTER	H03 P \times V=N \times R \times	Wertet die Gleichung aus, löscht Flag 11. (Prüfsumme und Länge: 13E3 015,0).
\rightarrow RTN	H04 RTN	Beendet das Programm.
C	0,0610	Verläßt den Programmeingabe-Modus.

Prüfsumme und Länge des Programms: 8AD6 19,5

Berechnen Sie nun die Druckänderung des Kohlendioxidgases, wenn die Temperatur gegenüber dem vorherigen Beispiel um 10°C abnimmt.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
(STO) L	0,0610	Speichert den vorherigen Druck.
(→) (FN=) H	0,0610	Wählt Programm "H" aus.
(→) (SOLVE) P	V?2,0000	Wahl von P als Unbekannte; SOLVE erwartet Wert für V .
(R/S)	N?0,0050	Behält 2 in V ; erwartet Wert für N .
(R/S)	R?0,0821	Behält 0,005 in N ; erwartet Wert für R .
(R/S)	T?297.1000	Behält 0,0821 in R ; erwartet Wert für T .
(ENTER) 10 (-)	T?287,1000	Berechnet neues T .
(R/S)	SOLVING P=0,0589	Speichert 287,1 in T ; berechnet neues P .
(RCL) L (-)	-0,0021	Berechnet die Druckänderung für eine Abnahme der Temperatur von 297,1 K auf 287,1 K (Das negative Ergebnis weist auf die Abnahme des Drucks hin).

Verwendung von SOLVE innerhalb eines Programms

Sie können SOLVE auch als Bestandteil eines Programms verwenden. Falls erforderlich, so sind Werte oder Eingabeaufforderungen für Anfangsnäherungen (in die Unbekannte und das X-Register) in das Programm mit aufzunehmen, bevor SOLVE *Variable* ausgeführt wird. Die beiden Anweisungen zum Lösen einer Unbekannten in einer Gleichung erscheinen im Programm als:

```
FN= Label  
SOLVE Variable
```

Die *programmierte* Anweisung SOLVE erzeugt keine Benennung für das Ergebnis (*Variable=Wert*), da dies eventuell nicht das signifikante Ergebnis des Programms darstellt (ggf. möchten Sie weitere Berechnungen mit dem Wert anstellen, bevor eine Anzeige erfolgen soll). Wenn Sie das Ergebnis *anzeigen möchten*, so fügen Sie nach SOLVE die Anweisung VIEW *Variable* ein.

Wenn keine Lösung für die Unbekannte gefunden werden konnte, wird die nächste Programmzeile übersprungen (in Übereinstimmung mit der "Do if True"-Regel, welche im Kapitel 13 erläutert wird). Das Programm sollte dann eine Routine ansteuern, welche den Fall einer fehlenden Lösung abdeckt (z.B. durch Wahl neuer Anfangsnäherungen oder Ändern eines Eingabewertes).

Beispiel: SOLVE in einem Programm.

Der folgende Ausschnitt ist einem Programm entnommen, das Ihnen die Lösung x oder y durch Eingabe von XEQ X oder Y liefert.

Programmzeilen:	Beschreibung:
X01 LBL X	Festlegung für X.
X02 24	Index für X.
X03 GTO L	Verzweigt zur Hauptroutine.
Prüfsumme und Länge: CCEC 004,5	
Y01 LBL Y	Festlegung für Y.
Y02 25	Index für Y.
Y03 GTO L	Verzweigt zur Hauptroutine.
Prüfsumme und Länge: 2E48 004,5	
L01 LBL L	Hauptroutine.
L02 STO i	Speichert Index in i .
L03 FN= F	Gibt an, welches Programm zur Lösung benutzt wird.
L04 SOLVE(i)	Löst nach der entsprechenden Variablen auf.
L05 VIEW(i)	Gibt das Ergebnis aus.
L06 RTN	Beendet das Programm.
Prüfsumme und Länge: E159 009,0	
F01 LBL F	Berechnet $f(x,y)$. Machen Sie bei
⋮	INPUT-Anweisungen oder
F10 RTN	Eingabeaufforderungen die erforderlichen Angaben.

Integration einer programmierten Funktion

Im Kapitel 8 wurde gezeigt, wie Sie eine Gleichung (oder einen Ausdruck) eingeben können – sie wird jeweils in die Gleichungsliste eingetragen – und danach über jede Variable integrieren können. Genauso können Sie ein *Programm* erstellen, das eine Funktion berechnet und dann diese programmierte Funktion über jede Variable integrieren. Dies ist besonders nützlich, wenn die zu integrierende Funktion sich in Abhängigkeit von bestimmten Bedingungen immer wieder ändert oder wenn bestimmte Rechenschritte mehrfach ausgeführt werden müssen.

Um eine programmierte Funktion zu integrieren gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Geben Sie ein Programm ein, welches die zu integrierende Funktion definiert. (Siehe weiter hinten "Entwickeln eines Programms für $\int FN$ ".)
2. Wählen Sie das Programm, das die zu integrierende Funktion enthält: Drücken Sie \rightarrow $FN=$ *Label*. (Sie können diesen Schritt überspringen, wenn Sie dasselbe Programm anschließend nochmals benutzen.)
3. Geben Sie die Integrationsgrenzen ein: Tippen Sie die *Untergrenze* ein und drücken Sie ENTER , tippen Sie danach die *Obergrenze* ein.
4. Wählen Sie die Integrationsvariable und starten Sie die Berechnung: Drücken Sie \rightarrow \int *Variable*.

Beachten Sie, daß die Funktion $FN=$ benötigt wird, wenn Sie eine programmierte Funktion integrieren wollen, nicht aber bei der Integration einer Gleichung aus der Gleichungsliste.

Sie können einen laufenden Integrationsprozeß anhalten, indem Sie C oder R/S drücken. Allerdings ist im Normalfall keine Information über die Integration verfügbar, bis die Berechnung abgeschlossen ist. Um die Berechnung fortzusetzen, ist R/S zu drücken. Drücken von XEQ während des Ablaufs einer Integration hebt die Operation $\int FN$ auf. In diesem Fall ist die Operation $\int FN$ erneut vom Anfang aus zu starten.

Entwickeln eines Programms für \int FN:

Das Programm kann Gleichungen und UPN-Operationen in jeder Kombination enthalten, so wie es für Ihr Problem am günstigsten ist.

1. Beginnen Sie das Programm mit einem *Label*. Dieses Label identifiziert die Funktion, die Sie integrieren wollen ($FN=Label$).
2. Sehen Sie eine INPUT-Anweisung für jede Variable vor (einschließlich der Integrationsvariablen). INPUT-Anweisungen ermöglichen Ihnen die Integration über jede Variable in einer Funktion mit mehreren Variablen. Da INPUT für die Integrationsvariable ignoriert wird, brauchen Sie nur ein Programm mit *getrennten* INPUT-Anweisungen für *jede* Variable (einschließlich der Integrationsvariablen) zu schreiben.

Wenn keine INPUT-Anweisung vorhanden ist, verwendet das Programm die in den Variablen gespeicherten oder auf Eingabeaufforderungen hin eingegebenen Werte.

3. Geben Sie die Anweisungen zur Auswertung der Funktion ein.
 - Sie müssen die Werte, die Sie integrieren wollen mit einer als mehrzeilige UPN-Sequenz geschriebenen Funktion berechnen.
 - Eine programmierte Funktion enthält gewöhnlich den Integranden in Form eines Ausdrucks – obwohl es jede Art von Gleichung sein kann. Wenn Sie wollen, daß die Gleichung Aufforderungen zur Eingabe von Variablen ausgibt und Sie also keine INPUT-Anweisungen verwenden, müssen Sie sicherstellen, daß Flag 11 gesetzt ist.
4. Beenden Sie das Programm mit RTN. Das Programm sollte dabei so abgeschlossen werden, daß sich der Funktionswert im X-Register (der Anzeige) befindet.

Beispiele: Verwendung einer Gleichung im Programm.

Der Integralsinus im Beispiel im Kapitel 8 ist

$$Si(t) = \int_0^t \left(\frac{\sin x}{x} \right) dx.$$

Diese Funktion kann durch die Integration eines Programmes, welches den Integranden bestimmt, ausgewertet werden:

```

S01 LBL S      Bestimmt die Funktion.
S02 SIN(X)÷X   Die Funktion in Form eines Ausdrucks.
                (Prüfsumme und Länge: 4914 009,0).
S03 RTN       Beendet das Unterprogramm
Prüfsumme und Länge des Programms: C62A 012,0

```

Geben Sie nun das Programm ein und integrieren Sie die Funktion über x von 0 bis 2 ($t = 2$).

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
 MODES {RD}		Schaltet den Winkelmodus auf Bogenmaß.
 FN= S		Wählt das Label S als Integranden.
0 ENTER 2	2_	Eingabe der oberen und unteren Integrationsgrenzen.
 ∫ X	INTEGRATING 1,6054	Integriert die Funktion über 0 bis 2; gibt Ergebnis aus.
 MODES {DG}	1,6054	Schaltet wieder zurück auf Grad.

Verwendung der Integration innerhalb eines Programms

Eine Integration ist auch innerhalb eines Programms möglich. Denken Sie daran, Eingabeaufforderungen oder feste Werte für die Integrationsgrenzen in das Programm aufzunehmen, bevor die Integration ausgeführt wird. Beachten Sie außerdem, daß bei der Ausführung Genauigkeit und Rechenzeit durch das Anzeigeformat beeinflusst werden. Die beiden Integrationsanweisungen erscheinen im Programm als:

FN= *Label*

∫FN d *Variable*

Die *programmierte* Anweisung ∫FN erzeugt keine Benennung für das Ergebnis (∫= *Wert*), da dies eventuell nicht das signifikante Ergebnis des Programms darstellt (ggf. möchten Sie weitere Berechnungen mit dem Wert anstellen, bevor eine Anzeige erfolgen soll). Wenn Sie das Ergebnis *anzeigen möchten*, so fügen Sie nach ∫FN eine der Anweisungen PSE ( ) oder STOP () ein.

Beispiel: ∫FN in einem Programm.

Das Programm zur "Normalverteilung und Verteilungsfunktion" im Kapitel 16 enthält eine Integration der Gleichung für die Verteilungsfunktion der Normalverteilung:

$$\frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \int_M^D e^{-\left(\frac{D-M}{S}\right)^2/2} dD.$$

Die Funktion $e^{((D-M)\div S)^2\div 2}$ wird durch die Routine *F* definiert. Andere Routinen fordern zur Eingabe für die bekannten Variablen auf und führen Berechnungen zur Bestimmung von $Q(D)$ aus, der rechtsseitigen Fläche unter der Glockenkurve. Die Integration selbst wird in Routine *Q* vorbereitet und ausgeführt:

Q01	LBL	Q	
Q02	RCL	M	Ruft untere Integrationsgrenze ab.
Q03	RCL	X	Ruft obere Integrationsgrenze ab ($X = D$).
Q04	FN=	F	Spezifiziert die Funktion.
Q05	∫FN	d D	Integriert die Verteilungsfunktion unter
⋮			Verwendung der Hilfsvariablen <i>D</i> .

Einschränkungen beim Lösen und Integrieren

Die Anweisungen *SOLVE Variable* und \int FN d *Variable* können keine andere Routine aufrufen, welche ebenfalls eine dieser Anweisungen enthält, d.h. keine dieser Anweisungen kann rekursiv verwendet werden. Der Versuch, z.B. ein mehrfaches Integral zu bestimmen, würde mit der Fehlermeldung \int (\int FN) enden. *SOLVE* und \int FN können also keine Routine aufrufen, die eine Anweisung FN= *Label* enthält; der Versuch wird mit einer der Meldungen *SOLVE ACTIVE* oder \int FN *ACTIVE* beantwortet. Außerdem kann *SOLVE* keine Routine aufrufen, die eine Anweisung \int FN enthält (führt zur Meldung *SOLVE*(\int FN)), ebenso kann \int FN keine Routine aufrufen, die eine Anweisung *SOLVE* enthält (führt zur Meldung \int (*SOLVE*)).

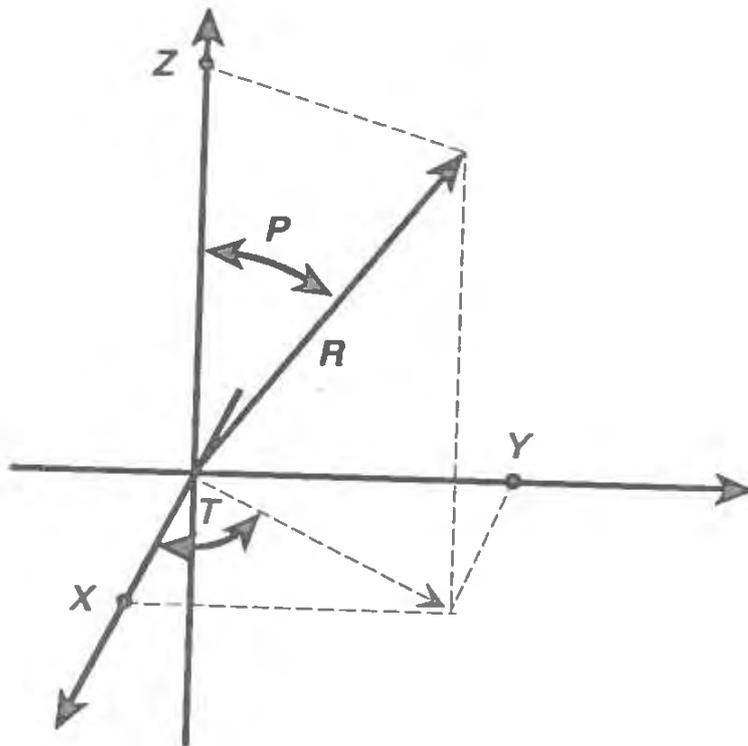
Die Anweisungen *SOLVE Variable* und \int FN d *Variable* verwenden eine der sieben Unterprogrammebenen im Rechner (Näheres hierzu finden Sie unter "Verschachtelte Unterprogramme" im Kapitel 13).

Die Operationen *SOLVE* und \int FN schalten automatisch die Dezimaldarstellung ein.

Mathematikprogramme

Vektoroperationen

Dieses Programm ermöglicht die grundlegenden Vektoroperationen Addition, Subtraktion, Kreuzprodukt und Skalarprodukt. Das Programm verwendet dazu dreidimensionale Vektoren und erlaubt die Ein- und Ausgabe in Rechteck- (kartesischen) oder Polar- (sphärischen) Koordinaten. Außerdem können die Winkel zwischen den Vektoren berechnet werden.



Für das Programm werden die nachstehenden Gleichungen verwendet.

Koordinatentransformation:

$$X = R \sin(P) \cos(T)$$

$$Y = R \sin(P) \sin(T)$$

$$Z = R \cos(P)$$

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

$$T = \arctan(Y/X)$$

$$P = \arctan \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}}$$

Vektoraddition und -subtraktion:

$$\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2 = (X + U)\mathbf{i} + (Y + V)\mathbf{j} + (Z + W)\mathbf{k}$$

$$\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1 = (U - X)\mathbf{i} + (V - Y)\mathbf{j} + (W - Z)\mathbf{k}$$

Kreuzprodukt:

$$\mathbf{v}_1 \times \mathbf{v}_2 = (YW - ZV)\mathbf{i} + (ZU - XW)\mathbf{j} + (XV - YU)\mathbf{k}$$

Skalarprodukt:

$$D = XU + YV + ZW$$

Winkel zwischen zwei Vektoren (γ):

$$G = \arccos \frac{D}{R_1 \times R_2}$$

wobei

$$\mathbf{v}_1 = X\mathbf{i} + Y\mathbf{j} + Z\mathbf{k}$$

und

$$\mathbf{v}_2 = U\mathbf{i} + V\mathbf{j} + W\mathbf{k}$$

Von den Eingaberoutinen (LBL P und LBL R) wird der Vektor V_1 angezeigt.

Programmliste:

Programmzeilen:	Beschreibung:
R01 LBL R	Anfang der Anzeige/Eingaberoutine für kartesische Koordinaten.
R02 INPUT X	Anzeige/Eingabeaufforderung für X.
R03 INPUT Y	Anzeige/Eingabeaufforderung für Y.
R04 INPUT Z	Anzeige/Eingabeaufforderung für Z.
Prüfsumme und Länge: F8AB 006,0	
Q01 LBL Q	Anfang der Transformation kartesisch/sphärisch.
Q02 RCL Y	
Q03 RCL X	
Q04 $y, x \rightarrow \theta, r$	Berechnet $\sqrt{(X^2 + Y^2)}$ und $\arctan(Y/X)$.
Q05 $x \langle \rangle y$	
Q06 STO T	Sichert $T = \arctan(Y/X)$.
Q07 R \downarrow	Holt $\sqrt{(X^2 + Y^2)}$ zurück.
Q08 RCL Z	
Q09 $y, x \rightarrow \theta, r$	Berechnet $\sqrt{(X^2 + Y^2 + Z^2)}$ und P .
Q10 STO R	Sichert R .
Q11 $x \langle \rangle y$	
Q12 STO P	Sichert P .
Prüfsumme und Länge: 3D28 018,0	
P01 LBL P	Anfang der Anzeige/Eingaberoutine für sphärische Koordinaten.
P02 INPUT R	Anzeige/Eingabeaufforderung für R.
P03 INPUT T	Anzeige/Eingabeaufforderung für T.
P04 INPUT P	Anzeige/Eingabeaufforderung für P.
P05 RCL T	
P06 RCL P	
P07 RCL R	
P08 $\theta, r \rightarrow y, x$	Berechnet $R \cos(P)$ und $R \sin(P)$.
P09 STO Z	Speichert $Z = R \cos(P)$.
P10 R \downarrow	
P11 $\theta, r \rightarrow y, x$	Berechnet $R \sin(P) \cos(T)$ und $R \sin(P) \sin(T)$.
P12 STO X	Sichert $X = R \sin(P) \cos(T)$.
P13 $x \langle \rangle y$	
P14 STO Y	Sichert $Y = R \sin(P) \sin(T)$.
P15 GTO P	Springt zurück zu einer weiteren Anzeige in sphärischen Koordinaten.
Prüfsumme und Länge: D518 022,5	

E01 LBL E Anfang der Vektoreingabe-Routine.
 E02 RCL X Kopiert Inhalt von X , Y und Z nach U , V und
 W .
 E03 STO U
 E04 RCL Y
 E05 STO V
 E06 RCL Z
 E07 STO W
 E08 GTO Q Springt zurück zur Umwandlung in sphärische
 Koordinaten und zur Anzeige/Eingabe.

Prüfsumme und Länge: 1032 012,0

X01 LBL X Anfang der Vektoraustausch-Routine.
 X02 RCL X Tauscht X , Y und Z entsprechend mit U , V und
 W .
 X03 x<> U
 X04 STO X
 X05 RCL Y
 X06 x<> V
 X07 STO Y
 X08 RCL Z
 X09 x<> W
 X10 STO Z
 X11 GTO Q Springt zurück zur Umwandlung in sphärische
 Koordinaten und zur Anzeige/Eingabe.

Prüfsumme und Länge: DAC6 016,5

A01 LBL A Anfang der Vektoradditions-Routine.
 A02 RCL X
 A03 RCL+ U Sichert $X + U$ in X .
 A04 STO X
 A05 RCL V
 A06 RCL+ Y Sichert $V + Y$ in Y .
 A07 STO Y
 A08 RCL Z
 A09 RCL+ W Sichert $Z + W$ in Z .
 A10 STO Z
 A11 GTO Q Springt zurück zur Umwandlung in sphärische
 Koordinaten und zur Anzeige/Eingabe.

Prüfsumme und Länge: 641B 016,5

S01 LBL S Anfang der Vektorsubtraktions-Routine.
 S02 -1 Multipliziert X , Y und Z mit (-1) zur Änderung
 des Vorzeichens.

S03 STO \times X
 S04 STO \times Y
 S05 STO \times Z
 S06 GTO A Springt zur Vektoradditions-Routine.
 Prüfsumme und Länge: D051 017,0
 C01 LBL C Anfang der Kreuzproduktoutine.
 C02 RCL Y
 C03 RCL \times W
 C04 RCL Z
 C05 RCL \times V
 C06 - Berechnet ($YW - ZV$), die X -Komponente.
 C07 RCL Z
 C08 RCL \times U
 C09 RCL X
 C10 RCL \times W
 C11 - Berechnet ($ZU - WX$), die Y -Komponente.
 C12 RCL X
 C13 RCL \times V
 C14 RCL Y
 C15 RCL \times U
 C16 -
 C17 STO Z Speichert ($XV - YU$), die Z -Komponente.
 C18 R \downarrow
 C19 STO Y Speichert die Y -Komponente.
 C20 R \downarrow
 C21 STO X Speichert die X -Komponente.
 C22 GTO Q Springt zurück zur Umwandlung in sphärische
 Koordinaten und zur Anzeige/Eingabe.
 Prüfsumme und Länge: FEB2 033,0

D01	LBL D	Anfang der Skalarprodukt- und Vektorwinkel-Routine.
D02	RCL X	
D03	RCL× U	
D04	RCL Y	
D05	RCL× V	
D06	+	
D07	RCL Z	
D08	RCL× W	
D09	+	
D10	STO D	Speichert das Skalarprodukt $XU + YV + ZW$.
D11	VIEW D	Zeigt das Skalarprodukt an.
D12	RCL D	
D13	RCL÷ R	Dividiert das Skalarprodukt durch den Betrag des Vektors (X, Y, Z) .
D14	RCL W	
D15	RCL V	
D16	RCL U	
D17	$\gamma, x \rightarrow \theta, r$	
D18	$x \langle \rangle y$	
D19	R↓	
D20	$\gamma, x \rightarrow \theta, r$	Berechnet den Betrag des Vektors (U, V, W) .
D21	$x \langle \rangle y$	
D22	R↓	
D23	÷	Dividiert das vorherige Ergebnis durch den Betrag.
D24	ACOS	Berechnet den Winkel.
D25	STO G	
D26	VIEW G	Zeigt den Winkel an.
D27	GTO F	Springt zurück zur Umwandlung in sphärische Koordinaten und zur Anzeige/Eingabe.

Prüfsumme und Länge: 1DFC 040,5

Benutzte Flags:

Keine.

Benötigter Speicherplatz:

270 Byte: 182 für das Programm, 88 für die Variablen.

Anmerkung:

Die Länge der Routine S kann um 6,5 Byte verkürzt werden. Der Wert -1 belegt so, wie er im Programm dargestellt wird, 9,5 Byte. Wird er jedoch als 1, gefolgt von $+/-$ dargestellt, so werden nur 3 Byte belegt. Dies können Sie durch Drücken von 1 \rightarrow $\boxed{\text{SHOW}}$ $\boxed{+/-}$ erreichen.

Hinweise zum Programm:

1. Tippen Sie die Programmroutinen ein; drücken Sie \boxed{C} wenn Sie die Eingabe beendet haben.
2. Liegt Ihr Vektor in kartesischer Form vor, so drücken Sie $\boxed{\text{XEQ}}$ R und fahren mit Schritt 4 fort. Ist der Vektor in sphärischen Koordinaten angegeben, dann drücken Sie $\boxed{\text{XEQ}}$ P und fahren mit Schritt 3 fort.
3. Tippen Sie R ein und drücken Sie $\boxed{\text{R/S}}$; tippen Sie T ein und drücken Sie $\boxed{\text{R/S}}$; tippen Sie P ein und drücken Sie $\boxed{\text{R/S}}$. Setzen Sie die Ausführung mit Schritt 5 fort.
4. Tippen Sie X ein und drücken Sie $\boxed{\text{R/S}}$; tippen Sie Y ein und drücken Sie $\boxed{\text{R/S}}$, tippen Sie Z ein und drücken Sie $\boxed{\text{R/S}}$.
5. Wenn Sie einen weiteren Vektor eingeben möchten, so drücken Sie $\boxed{\text{XEQ}}$ E (für Eingabe) und fahren mit Schritt 2 fort.
6. Führen Sie die gewünschte Vektoroperation aus:
 - a. Addieren Sie die Vektoren durch Drücken von $\boxed{\text{XEQ}}$ A;
 - b. Subtrahieren Sie Vektor 1 von Vektor 2 durch Drücken von $\boxed{\text{XEQ}}$ S;
 - c. Berechnen Sie das Kreuzprodukt durch Drücken von $\boxed{\text{XEQ}}$ C;
 - d. Berechnen Sie das Skalarprodukt durch Drücken von $\boxed{\text{XEQ}}$ D und den Winkel zwischen den Vektoren durch Drücken von $\boxed{\text{R/S}}$.
7. Optional: Zur Anzeige von \mathbf{v}_1 in sphärischen Koordinaten ist $\boxed{\text{XEQ}}$ P zu drücken, und danach wiederholt $\boxed{\text{R/S}}$, um die einzelnen Elemente anzuzeigen.

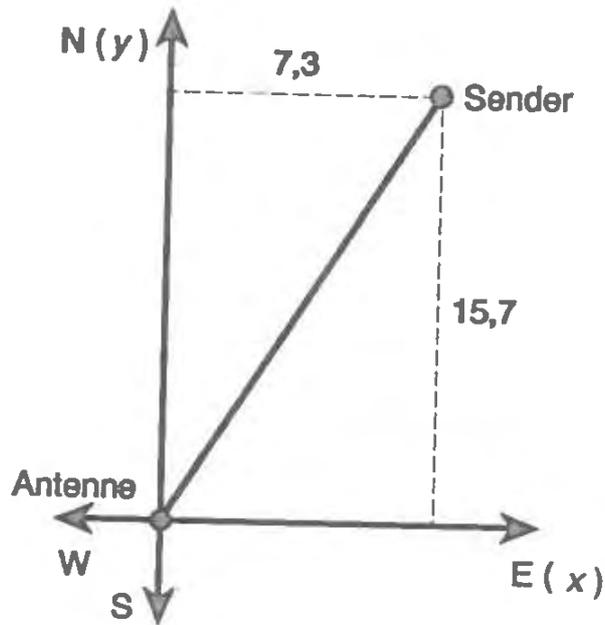
8. Optional: Drücken Sie **(XEQ)** R zur Anzeige von \mathbf{v}_1 in kartesischen Koordinaten, und danach wiederholt **(R/S)**, um die einzelnen Elemente anzuzeigen.
9. Wenn Sie addiert, subtrahiert oder das Kreuzprodukt berechnet haben, dann wurde \mathbf{v}_1 durch das Ergebnis ersetzt. \mathbf{v}_2 wird nicht verändert. Bei Fortsetzung der auf dem momentanen Ergebnis basierenden Berechnung ist zu beachten, daß vor der Eingabe eines neuen Vektors **(XEQ)** E gedrückt werden muß.
10. Gehen Sie zu Schritt 2 über, um Vektorberechnungen fortzusetzen.

Benutzte Variablen:

X, Y, Z	Die Komponenten von \mathbf{v}_1 in kartesischer Form.
U, V, W	Die Komponenten von \mathbf{v}_2 in kartesischer Form.
R, T, P	Radius und Winkel in der x - y -Ebene (θ) sowie der Winkel zwischen der Z -Achse und \mathbf{v}_1 (U).
D	Das Skalarprodukt.
G	Der Winkel zwischen den Vektoren (γ).

Beispiel 1:

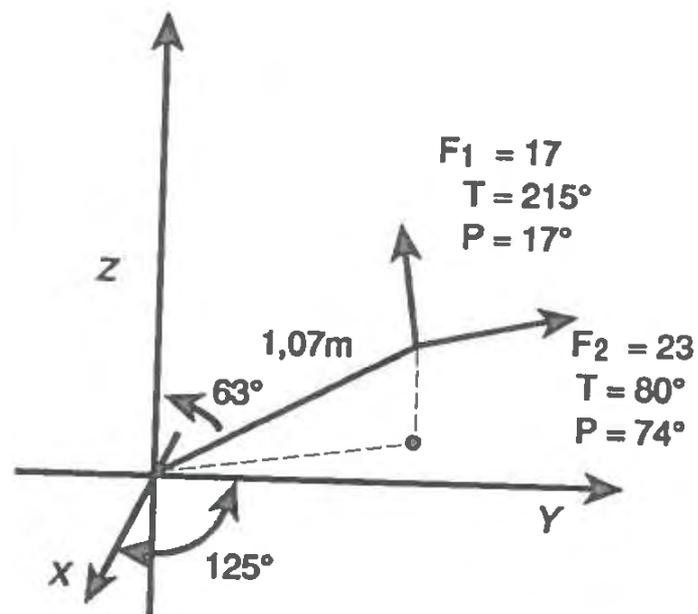
Eine Richtfunkantenne wird auf einen Sender ausgerichtet, welcher sich 15,7 km nördlich, 7,3 km östlich und 0,76 km tiefer als der Antennenstandpunkt befindet. Verwenden Sie die Transformation "kartesisch nach sphärisch" zur Berechnung der Entfernung sowie der Richtung zum Sender.



Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow (MODES) {DG}		Schaltet den Winkelmodus Grad ein.
(XEQ) R	X? Wert	Beginnt die Eingabe/Anzeige-Routine für kartesische Koordinaten.
7,3 (R/S)	Y? Wert	Eingabe von 7,3 für X .
15,7 (R/S)	Z? Wert	Eingabe von 15,7 für Y .
0,76 (+/-) (R/S)	R? 17,3308	Eingabe von $-0,76$ für Z und Berechnung von R , dem Radius, d.h. der Entfernung.
(R/S)	T? 65,0631	Berechnung von T , dem Winkel in der x/y Ebene.
(R/S)	P? 92,5134	Berechnung von P , dem Winkel zur z -Achse.

Beispiel 2:

Wie groß ist das Drehmoment des nachstehend abgebildeten Hebels in seiner Ausgangslage? Wie groß ist die Kraftkomponente entlang des Hebels? Wie groß ist der Winkel zwischen der Resultierenden der Kräfte und dem Hebel?



Addieren Sie zuerst die Kräfte.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
(XEQ) P	R? Wert	Beginn der Eingaberoutine für sphärische Koordinaten.
17 (R/S)	T? Wert	Eingabe von 17 für R .
215 (R/S)	P? Wert	Eingabe von 215 für T .
17 (R/S)	R?17,0000	Eingabe von 17 für P .
(XEQ) E	R?17,0000	Eingabe des Vektors durch Kopieren in v_2 .
23 (R/S)	T? -145,0000	Eingabe von 23 als Radius von v_1 .
80 (R/S)	P?17,0000	Eingabe von 80 für T .
74 (R/S)	R?23,0000	Eingabe von 74 für P .
(XEQ) A	R?29,4741	Addiert die Vektoren und zeigt den Betrag des resultierenden Vektors an.
(R/S)	T?90,7032	Zeigt den Winkel T des resultierenden Vektors an.
(R/S)	P?39,9445	Zeigt den Winkel P des resultierenden Vektors an.
(XEQ) E	R?29,4741	Eingabe des Ergebnisvektors.

Da das Drehmoment sich aus dem Kreuzprodukt des Radiusvektors und dem Kraftvektor ergibt ($\mathbf{r} \times \mathbf{F}$), ist der Hebelvektor einzugeben und das Kreuzprodukt zu berechnen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
1,07 (R/S)	T?90,7032	Eingabe von 1,07 für R .
125 (R/S)	P?39,9445	Eingabe von 125 für T .
63 (R/S)	R?1,0700	Eingabe von 63 für P .
(XEQ) C	R?18,0209	Berechnung das Kreuzproduktes und Anzeige des Betrages R des Ergebnisvektors.
(R/S)	T?55,3719	Anzeige des Winkels T .
(R/S)	P?124,3412	Anzeige des Winkels P .
(XEQ) R	X?8,4554	Anzeige des Ergebnisvektors in kartesischen Koordinaten.
(R/S)	Y?12,2439	
(R/S)	Z?-10,1660	

Das Skalarprodukt kann zum Berechnen der Kraft (noch immer in v_2) entlang der Hebelachse benutzt werden.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
(XEQ) P	R?18,0209	Beginn der Eingaberoutine für sphärische Koordinaten.
1 (R/S)	T?55,3719	Eingabe von 1 für den Radius.
125 (R/S)	P?124,3412	Eingabe von 125 für T .
63 (R/S)	R?1,0000	Eingabe von 63 für P .
(XEQ) D	D=24,1882	Berechnet das Skalarprodukt.
(R/S)	G=34,8490	Berechnet den Winkel zwischen dem resultierenden Kraftvektor und dem Hebel.
(R/S)	R?1,0000	Rückkehr zur Eingaberoutine.

Lösen eines linearen Gleichungssystems

Dieses Programm löst ein lineares Gleichungssystem mit zwei oder drei Unbekannten; zur Berechnung der Lösung wird die entsprechende Matrix invertiert und anschließend multipliziert.

Ein System aus drei linearen Gleichungen

$$AX + DY + GZ = J$$

$$BX + EY + HZ = K$$

$$CX + FY + IZ = L$$

kann durch nachstehende Matrixgleichung dargestellt werden:

$$\begin{bmatrix} A & D & G \\ B & E & H \\ C & F & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J \\ K \\ L \end{bmatrix}$$

Die Matrixgleichung kann nach X, Y und Z aufgelöst werden, indem die Ergebnismatrix mit der Inversen der Koeffizientenmatrix multipliziert wird.

$$\begin{bmatrix} A' & D' & G' \\ B' & E' & H' \\ C' & F' & I' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J \\ K \\ L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

Einzelheiten zur Ermittlung der Inversen finden Sie bei den Erläuterungen über die Invertierungsroutine I.

Programmliste:

Programmzeilen:	Beschreibung:
A01 LBL A	Beginn der Koeffizienteneingabe.
A02 1,012	Schleifensteuerzahl: Durchlaufen der Schleife von 1 bis 12, Erhöhung des Schleifenzählers um jeweils 1.
A03 STO i	Speichert die Schleifensteuerzahl in der Indexvariablen.
Prüfsumme und Länge: 9F76 012,5	
L01 LBL L	Beginn der Eingabeschleife.
L02 INPUT(i)	Eingeben und Speichern der Variablen, die durch <i>i</i> adressiert wird.
L03 ISG i	Addiert 1 zu <i>i</i> .
L04 GTO L	Wenn <i>i</i> kleiner als 13, Rücksprung zu LBL L und Eingabe des nächsten Wertes.
L05 GTO A	Sprung zu LBL A, um Werte anzusehen.
Prüfsumme und Länge: 8356 007,5	
I01 LBL I	Diese Routine invertiert eine 3×3-Matrix.
I02 XEQ D	Berechnet die Determinante und sichert den Wert für die Divisionsschleife J.
I03 STO W	
I04 RCL A	
I05 RCL× I	
I06 RCL C	
I07 RCL× G	
I08 -	
I09 STO X	Berechnet $E' \times \text{Determinante} = AI - CG$.
I10 RCL C	
I11 RCL× D	
I12 RCL A	
I13 RCL× F	
I14 -	
I15 STO Y	Berechnet $F' \times \text{Determinante} = CD - AF$.
I16 RCL B	
I17 RCL× G	
I18 RCL A	
I19 RCL× H	
I20 -	
I21 STO Z	Berechnet $H' \times \text{Determinante} = BG - AH$.

I22 RCL A	
I23 RCL× E	
I24 RCL B	
I25 RCL× D	
I26 -	
I27 STO i	Berechnet $I' \times$ Determinante = $AE - BD$.
I28 RCL E	
I29 RCL× I	
I30 RCL F	
I31 RCL× H	
I32 -	
I33 STO A	Berechnet $A' \times$ Determinante = $EI - FH$.
I34 RCL C	
I35 RCL× H	
I36 RCL B	
I37 RCL× I	
I38 -	
I39 RCL B	Berechnet $B' \times$ Determinante = $CH - BI$.
I40 RCL× F	
I41 RCL C	
I42 RCL× E	
I43 -	
I44 STO C	Berechnet $C' \times$ Determinante = $BF - CE$.
I45 R+	
I46 STO B	Speichert B' .
I47 RCL F	
I48 RCL× G	
I49 RCL D	
I50 RCL× I	
I51 -	
I52 RCL D	Berechnet $D' \times$ Determinante = $FG - DI$.
I53 RCL× H	
I54 RCL E	
I55 RCL× G	
I56 -	
I57 STO G	Berechnet $G' \times$ Determinante = $DE - EG$.

I58	R↓	
I59	STO D	Speichert D' .
I60	RCL i	
I61	STO I	Speichert I' .
I62	RCL X	
I63	STO E	Speichert E' .
I64	RCL Y	
I65	STO F	Speichert F' .
I66	RCL Z	
I67	STO H	Speichert H' .
I68	9	
I69	STO i	Stellt den Index auf das letzte Matrixelement ein.
I70	RCL W	Ruft den Wert der Determinante zurück.

Prüfsumme und Länge: 4C14 105,0

J01	LBL J	Diese Routine dividiert durch die Determinante und schließt damit die Invertierung ab.
J02	STO÷(i)	Dividiert Element.
J03	DSE i	Verringert den Indexwert, der sich damit näher auf A zubewegt.
J04	GTO J	Rücksprung zur Verarbeitung des nächsten Wertes.
J05	RTN	Rückkehr zum aufrufenden Programm oder zu PRGM TOP.

Prüfsumme und Länge: 9737 007,5

M01	LBL M	Diese Routine multipliziert eine Spaltenmatrix und eine 3×3 -Matrix.
M02	7	Stellt den Index auf das letzte Element in der ersten Zeile ein.
M03	XEQ N	
M04	8	Stellt den Index auf das letzte Element in der zweiten Zeile ein.
M05	XEQ N	
M06	9	Stellt den Index auf das letzte Element in der dritten Zeile ein.

Prüfsumme und Länge: C1D3 009,0

N01 LBL N	Diese Routine berechnet das Produkt des Spaltenvektors und einer durch den Index adressierten Zeile.
N02 STO i	Sichert den Indexwert in i .
N03 RCL J	Ruft J aus der Spaltenmatrix zurück.
N04 RCL K	Ruft K aus der Spaltenmatrix zurück.
N05 RCL L	Ruft L aus der Spaltenmatrix zurück.
N06 RCL×(i)	Multiplikation mit dem letzten Zeilenelement.
N07 XEQ P	Multiplikation mit dem mittleren Zeilenelement.
N08 XEQ P	Multiplikation mit dem dritten Zeilenelement und Addition.
N09 23	Stellt Index ein, um X , Y oder Z anzuzeigen, in Abhängigkeit von der Eingabezeile.
N10 STO+ i	
N11 R↓	Holt das Ergebnis zurück ins X-Register.
N12 STO(i)	Speichert das Ergebnis.
N13 VIEW(i)	Zeigt das Ergebnis an.
N14 RTN	Rückkehr zum aufrufenden Programm oder zu PRGM TOP.

Prüfsumme und Länge: 4E9D 021,0

P01 LBL P	Diese Routine multipliziert und addiert Werte innerhalb einer Zeile.
P02 x<>y	Holt nächsten Spaltenwert.
P03 DSE i	Stellt den Index auf den nächsten Zeilenwert ein.
P04 DSE i	
P05 DSE i	
P06 RCL×(i)	Multipliziert Spaltenwert mit Zeilenwert.
P07 +	Addiert das Produkt zur vorhergehenden Summe.
P08 RTN	Rückkehr zum aufrufenden Programm.

Prüfsumme und Länge: 4E79 012,0

D01 LBL D	Diese Routine berechnet die Determinante.
D02 RCL A	
D03 RCL× E	
D04 RCL× I	Berechnet $A \times E \times I$.
D05 RCL D	
D06 RCL× H	
D07 RCL× C	
D08 +	Berechnet $(A \times E \times I) + (D \times H \times C)$.
D09 RCL G	

D10	RCL× F	
D11	RCL× B	
D12	+	Berechnet $(A \times E \times I) + (D \times H \times C) + (G \times F \times B)$.
D13	RCL G	
D14	RCL× E	
D15	RCL× C	
D16	-	$(A \times E \times I) + (D \times H \times C) + (G \times F \times B) - (G \times E \times C)$.
D17	RCL A	
D18	RCL× F	
D19	RCL× H	
D20	-	$(A \times E \times I) + (D \times H \times C) + (G \times F \times B) - (G \times E \times C) - (A \times F \times H)$.
D21	RCL D	
D22	RCL× B	
D23	RCL× I	
D24	-	$(A \times E \times I) + (D \times H \times C) + (G \times F \times B) - (G \times E \times C) - (A \times F \times H) - (D \times B \times I)$.
D25	RTN	Rückkehr zum aufrufenden Programm oder zum PRGM TOP.

Prüfsumme und Länge: 44B2 037,5

Benutzte Flags:

Keine.

Erforderlicher Speicherplatz:

348 Byte: 212 für das Programm, 136 für Variablen.

Hinweise zum Programm:

1. Tippen Sie die Programmroutinen ein; drücken Sie zum Abschluß **(C)**.
2. Drücken Sie **(XEQ)** A zur Eingabe der Matrixkoeffizienten und des Spaltenvektors.
3. Tippen Sie den Koeffizienten oder das Vektorelement (A bis L) bei entsprechender Aufforderung ein und drücken Sie **(R/S)**.
4. Optional: Drücken Sie **(XEQ)** D zur Berechnung der Determinante eines 3×3 -Systems.
5. Drücken Sie **(XEQ)** I zur Berechnung der Inversen der 3×3 -Matrix.
6. Optional: Drücken Sie **(XEQ)** A und wiederholt **(R/S)**, um die Werte der invertierten Matrix anzusehen.
7. Drücken Sie **(XEQ)** M zur Multiplikation der Inversen mit dem Spaltenvektor und anschließender Anzeige des Wertes von X . Drücken Sie **(R/S)**, um den Wert von Y anzusehen, danach erneut **(R/S)**, um Z anzusehen.
8. Um ein neues Gleichungssystem zu lösen, ist wieder mit Schritt 2 zu beginnen.

Benutzte Variablen:

A bis I	Koeffizienten der Matrix.
J bis L	Werte des Spaltenvektors.
W	Hilfsvariable zum Speichern der Determinante.
X bis Z	Werte des Ausgabevektors; auch als Hilfsvariablen benutzt.
i	Schleifensteuerzahl (Indexvariable); auch für Zwischenspeicherung benutzt.

Anmerkungen:

Für Lösungen einer 2×2 -Matrix ist 0 für die Koeffizienten C , F , H , G und L sowie 1 für den Koeffizienten I vorzugeben. Nicht alle Gleichungssysteme besitzen eine Lösung.

Beispiel:

Berechnen Sie für das nachstehende System die Inverse sowie die Systemlösung. Sehen Sie sich die invertierte Matrix an; invertieren Sie die Matrix erneut und überprüfen Sie, ob Sie wieder die ursprüngliche Matrix erhalten.

$$23X + 15Y + 17Z = 31s$$

$$8X + 11Y - 6Z = 17$$

$$4X + 15Y + 12Z = 14$$

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
XEQ A	A? Wert	Beginn der Eingabe.
23 R/S	B? Wert	Speichert 23 für den ersten Koeffizienten A.
8 R/S	C? Wert	Speichert 8 für B.
4 R/S	D? Wert	Speichert 4 für C.
15 R/S	E? Wert	Speichert 15 für D.
⋮	⋮	Fortsetzung der Eingabe für E bis L.
14 R/S	A?23, 0000	Rückkehr zum ersten Koeffizienten.
XEQ I	4.598, 0000	Berechnet die Inverse und zeigt die Determinante an.
XEQ M	X=0, 9306	Multiplikation mit dem Spaltenvektor, um X zu berechnen.
R/S	Y=0, 7943	Berechnung und Anzeige von Y.
R/S	Z=-0, 1364	Berechnung und Anzeige von Z.
XEQ A	A?0, 0483	Beginnt Durchsehen der invertierten Matrix.
R/S	B?-0, 0261	Zeigt nächsten Wert an.
R/S	C?0, 0165	Zeigt nächsten Wert an.
R/S	D?0, 0163	Zeigt nächsten Wert an.
R/S	E?0, 0452	Zeigt nächsten Wert an.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
R/S	F?0,0620	Zeigt nächsten Wert an.
R/S	G?0,0602	Zeigt nächsten Wert an.
R/S	H?0,0596	Zeigt nächsten Wert an.
R/S	I?0,0289	Zeigt nächsten Wert an.
XEQ I	0,0002	Invertiert die Inverse, um wieder die ursprüngliche Matrix zu erzeugen.
XEQ A	A?23,0000	Beginnt mit der Durchsicht der invertierten Inversen.
R/S	B?8,0000	Zeigt nächsten Wert an, ...
⋮	⋮	... usw.

Nullstellenbestimmung von Polynomen

Dieses Programm bestimmt die Nullstellen von Polynomen zweiter bis fünfter Ordnung mit reellen Koeffizienten. Es berechnet sowohl reelle als auch komplexe Nullstellen. In diesem Programm hat ein allgemeines Polynom die Form

$$x^n + a_{n-1}x^{n-1} + \dots + a_1x + a_0 = 0$$

mit $n = 2, 3, 4$ oder 5 . Dabei muß der Koeffizient (a_n) des Gliedes höchster Ordnung gleich eins sein. Wenn dies nicht der Fall ist, so dividieren Sie alle Koeffizienten der Gleichung durch den Koeffizienten des Gliedes höchster Ordnung (siehe Beispiel 2). Die Routinen für die Polynome dritter oder fünfter Ordnung verwenden die Funktion SOLVE, um eine reelle Nullstelle der Gleichung zu bestimmen, da jedes Polynom ungerader Ordnung mindestens eine reelle Nullstelle besitzt. Nach der Bestimmung einer Nullstelle wird das ursprüngliche Polynom durch Polynomdivision auf ein Polynom zweiter oder vierter Ordnung reduziert. Zur Auswertung eines Polynoms vierter Ordnung muß zunächst das folgende kubische Polynom ausgewertet werden:

$$y^3 + b_2y^2 + b_1y + b_0 = 0$$

mit

$$b_2 = -a_2$$

$$b_1 = a_3a_1 - 4a_0$$

$$b_0 = a_0(4a_2 - a_3^2) - a_1^2.$$

Wenn y_0 die größte reelle Nullstelle des obigen kubischen Polynoms ist, dann wird das Polynom vierter Ordnung auf zwei quadratische Polynome reduziert:

$$x^2 + (J + L)x + (K + M) = 0$$

$$x^2 + (J - L)x + (K - M) = 0$$

mit

$$J = a_3/2$$

$$K = y_0/2$$

$$L = \sqrt{J^2 - a_2 + y_0} \times (\text{Vorzeichen von } JK - a_1/2)$$

$$M = \sqrt{K^2 - a_0}$$

Die Nullstellen des Polynoms vierter Ordnung werden bestimmt durch die Lösungen dieser beiden quadratischen Gleichungen.

Eine quadratische Gleichung $x^2 + a_1x + a_0 = 0$ wird durch die Formel

$$x_{1,2} = -\frac{a_1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{a_1}{2}\right)^2 - a_0}$$

ausgewertet. Wenn für den Ausdruck unter der Wurzel:
 $d = (a_1/2)^2 - a_0 \geq 0$ gilt, dann sind die beiden Nullstellen reell;
wenn: $d < 0$ gilt, dann sind die Nullstellen komplex und zwar
 $u \pm iv = -(a_1/2) \pm i\sqrt{-d}$.

Programmliste:

Programmzeilen:	Beschreibung:
P01 LBL P	Beginn der Routine zur Nullstellenbestimmung von Polynomen.
P02 INPUT F	Eingabe der Ordnung des Polynoms.
P03 STO i	Verwendet die Ordnung als Anfangswert für den Schleifenzähler.
Prüfsumme und Länge: 699F 004,5	
I01 LBL I	Beginn der Eingaberoutine.
I02 INPUT(i)	Erwartet die Eingabe eines Koeffizienten.
I03 DSE i	Dekrementiert den Schleifenzähler.
I04 GTO I	Wiederholung der Routine, bis alle Koeffizienten eingegeben sind.
I05 RCL F	
I06 STO i	Benutzt die Ordnung zur indirekten Adressierung der entsprechenden Routine zur Nullstellenbestimmung.
I07 GTO(i)	Springt zur Routine zur Nullstellenbestimmung.
Prüfsumme und Länge: CE86 010,5	
H01 LBL H	Wertet das Polynom mit dem Hornerschen Schema aus und reduziert die Ordnung des Polynoms durch Polynomdivision mit der Nullstelle.
H02 RCL H	
H03 STO i	Verwendet den Polynomzeiger als Indexwert.
H04 1	Startwert für das Hornersche Schema.
Prüfsumme und Länge: B85F 006,0	
J01 LBL J	Beginn der Schleife für das Hornersche Schema.
J02 ENTER	Sichert den Koeffizienten für die Polynomdivision.
J03 RCL× X	Multipliziert die momentane Summe mit der nächsten Potenz von x .
J04 RCL+(i)	Addiert neuen Koeffizienten.
J05 DSE i	Dekrementiert den Schleifenzähler.
J06 GTO J	Wiederholung der Routine, bis alle Koeffizienten abgearbeitet sind.
J07 RTN	
Prüfsumme und Länge: 139C 010,5	

S01 LBL S	Routine zur Bestimmung einer Nullstelle.
S02 STO H	Speichert die Adresse der zu verwendenden Koeffizienten.
S03 250	
S04 STO X	Erste Anfangsnäherung.
S05 +/-	Zweite Anfangsnäherung.
S06 FN= H	Auswahl der auszuwertenden Routine.
S07 SOLVE X	Bestimmt mit SOLVE eine reelle Nullstelle.
S08 GTO H	Bestimmt die Koeffizienten des Polynoms von nächst niederer Ordnung durch Polynomdivision
S09 0	
S10 ÷	Erzeugt die Fehlermeldung DIVIDE BY 0, wenn keine reelle Nullstelle gefunden werden kann.
Prüfsumme und Länge: 27C3 015,0	
Q01 LBL 0	Beginn der Lösungsroutine für eine quadratische Gleichung.
Q02 x<>y	Vertauscht a_0 mit a_1 .
Q03 2	
Q04 ÷	$a_1/2$.
Q05 +/-	$-a_1/2$.
Q06 ENTER	
Q07 ENTER	Sichert $-a_1/2$.
Q08 STO F	Speichert den Realteil bei einer komplexen Nullstelle.
Q09 x ²	$(a_1/2)^2$.
Q10 R↑	a_0 .
Q11 -	$(a_1/2)^2 - a_0$.
Q12 CF 0	Initialisiert Flag 0.
Q13 x<0?	Ausdruck unter der Wurzel (d) < 0?
Q14 SF 0	Setzt Flag 0, wenn $d < 0$ (komplexe Nullstellen).
Q15 ABS	Berechnet $ d $ (Betrag von d).
Q16 SQRT	$\sqrt{ d }$.
Q17 STO G	Speichert den Imaginärteil der komplexen Nullstelle.
Q18 FS? 0	Komplexe Nullstellen?
Q19 RTN	Springt zurück, wenn eine komplexe Nullstelle vorliegt.
Q20 STO- F	Berechnet $-a_1/2 - \sqrt{ d }$.
Q21 R↓	

Q22 STO+ G Berechnet $-a_1/2 + \sqrt{|d|}$.

Q23 RTN

Prüfsumme und Länge: E454 034,5

B01 LBL B Beginn der Lösungsroutine für ein Polynom
zweiter Ordnung.

B02 RCL B Ruft den Wert L zurück.

B03 RCL A Ruft den Wert M zurück.

B04 GTO T Berechnet und zeigt zwei Nullstellen an.

Prüfsumme und Länge: 52B9 006,0

C01 LBL C Beginn der Lösungsroutine für ein Polynom
dritter Ordnung.

C02 3 Ordnung des auszuwertenden Polynoms.

C03 XEQ S Bestimmt mit SOLVE eine reelle Nullstelle und
legt die Werte a_0 und a_1 für ein Polynom zweiter
Ordnung im Stack ab.

C04 R↓ Löscht den Funktionswert des Polynoms.

C05 XEQ Q Wertet das verbleibende Polynom zweiter
Ordnung aus und speichert die Nullstellen.

C06 VIEW X Anzeige der reellen Nullstelle des Polynoms
zweiter Ordnung.

C07 GTO N Anzeige der übrigen Nullstellen.

Prüfsumme und Länge: CCF5 010,5

E01 LBL E Beginn der Lösungsroutine für Polynome fünfter
Ordnung.

E02 5 Ordnung des auszuwertenden Polynoms.

E03 XEQ S Bestimmt mit SOLVE eine reelle Nullstelle und
legt drei durch Polynomdivision erhaltene
Koeffizienten des Polynoms vierter Ordnung im
Stack ab.

E04 R↓ Löscht den Funktionswert des Polynoms.

E05 STO A Speichert einen Koeffizienten in A.

E06 R↓

E07 STO B Speichert einen Koeffizienten in B.

E08 R↓

E09 STO C Speichert einen Koeffizienten in C.

E10 RCL E

E11 RCL+ X Berechnet a_3 .

E12 STO D Speichert a_3 in D.

E13 VIEW X Anzeige der reellen Nullstelle des Polynoms
fünfter Ordnung.

Prüfsumme und Länge: 0FE9 019,5

D01 LBL D	Beginn der Lösungsroutine für Polynome vierter Ordnung.
D02 4	
D03 RCL× C	$4a_2$.
D04 RCL D	a_3 .
D05 × ²	a_3^2 .
D06 -	$4a_2 - a_3^2$.
D07 RCL× A	$a_0(4a_2 - a_3^2)$.
D08 RCL B	a_1 .
D09 × ²	a_1^2 .
D10 -	$b_0 = a_0(4a_2 - a_3^2) - a_1^2$.
D11 STO E	Speichert b_0 .
D12 RCL C	a_2 .
D13 +/-	$b_2 = -a_2$.
D14 STO G	Speichert b_2 .
D15 RCL D	a_3 .
D16 RCL× B	a_3a_1 .
D17 4	
D18 RCL× A	$4a_0$.
D19 -	$b_1 = a_3a_1 - 4a_0$.
D20 STO F	Speichert b_1 .
D21 4	Um die Zeilen D21 und D22 einzugeben, drücken
D22 3	Sie 4   3.
D23 10 ^x	
D24 ÷	
D25 7	
D26 +	Legt die Zahl 7,004 als Zeiger für die Koeffizienten des Polynoms dritter Ordnung.
D27 XEQ S	Bestimmt die reelle Nullstelle mit SOLVE und speichert die Koeffizienten a_0 und a_1 des Polynoms zweiter Ordnung im Stack.
D28 R↓	Löscht den Funktionswert des Polynoms.
D29 XEQ Q	Bestimmt mit SOLVE die verbleibenden beiden Nullstellen des Polynoms dritter Ordnung und speichert diese.
D30 RCL X	Ruft die reelle Nullstelle des Polynoms dritter Ordnung zurück.
D31 STO E	Speichert reelle Nullstelle.
D32 FS? 0	Komplexe Nullstellen?
D33 GTO F	Berechnung der vier Nullstellen des verbleibenden Polynoms vierter Ordnung.

D34 RCL F	Wenn es keine komplexen Nullstellen gibt, dann wird die größte reelle Nullstelle bestimmt (y_0).
D35 $x\langle y?$	
D36 $x\langle y$	
D37 RCL G	
D38 $x\langle y?$	
D39 $x\langle y$	
D40 STO E	Speichert die größte der reellen Nullstellen des Polynoms dritter Ordnung.
Prüfsumme und Länge: C333 060,0	
F01 LBL F	Beginn der Lösungsroutine für Polynome vierter Ordnung.
F02 2	
F03 STO ÷ D	$J = a_3/2.$
F04 STO ÷ E	$K = y_0/2.$
F05 9	
F06 10^x	
F07 $1/x$	Legt 10^{-9} als untere Grenze für M^2 fest.
F08 RCL E	$K.$
F09 x^2	$K^2.$
F10 RCL- A	$M^2 = K^2 - a_0.$
F11 $x\langle y?$	
F12 CLx	Wenn $M^2 < 10^{-9}$ ist, wird 0 als Wert für M^2 verwendet.
F13 SQRT	$M = \sqrt{K^2 - a_0}.$
F14 STO A	Speichert $M.$
F15 RCL D	$J.$
F16 RCLx E	$JK.$
F17 RCL B	$a_1.$
F18 2	
F19 ÷	$a_1/2.$
F20 -	$JK - a_1/2.$
F21 $x=0?$	
F22 1	Verwendet 1, wenn $JK - a_1/2 = 0.$
F23 STO B	Speichert 1 oder $JK - a_1/2.$
F24 ABS	
F25 STO ÷ B	Berechnet das Vorzeichen von $C.$
F26 RCL D	$J.$
F27 x^2	$J^2.$
F28 RCL- C	$J^2 - a_2.$

F29 RCL+ E	
F30 RCL+ E	$J^2 - a_2 + y_0.$
F31 SQRT	$C = \sqrt{J^2 - a_2 + y_0.}$
F32 STO× B	Speichert C mit richtigem Vorzeichen.
F33 RCL D	$J.$
F34 RCL+ B	$J+L.$
F35 RCL E	$K.$
F36 RCL+ A	$K+M.$
F37 XEQ T	Berechnung und Anzeige von zwei Nullstellen des Polynoms vierter Ordnung.
F38 RCL D	$J.$
F39 RCL- B	$J - L.$
F40 RCL E	$K.$
F41 RCL- A	$K - M.$
Prüfsumme und Länge: 9133 061,5	
T01 LBL T	Beginn der Routine zur Berechnung und Anzeige von zwei Nullstellen.
T02 XEQ Q	Verwendet die Routine zur Lösung einer quadratischen Gleichung für die Berechnung der beiden Nullstellen.
Prüfsumme und Länge: 0019 003,0	
N01 LBL N	Beginn der Routine zur Anzeige von zwei reellen oder zwei komplexen Nullstellen.
N02 RCL F	Ruft die erste reelle Nullstelle zurück.
N03 STO X	Speichert die erste reelle Nullstelle.
N04 VIEW X	Anzeige der reellen Nullstelle oder des reellen Teils der komplexen Nullstelle.
N05 RCL G	Ruft die zweite reelle Nullstelle oder den Imaginärteil der komplexen Nullstelle zurück.
N06 FS? 0	Gab es komplexe Nullstellen?
N07 GTO U	Anzeige der komplexen Nullstellen, falls vorhanden.
N08 STO X	Speichert die zweite reelle Nullstelle.
N09 VIEW X	Anzeige der zweiten reellen Nullstelle.
N10 RTN	Rückkehr zur aufrufenden Routine.
Prüfsumme und Länge: BE87 015,0	

U01 LBL U	Beginn der Routine zur Anzeige der komplexen Nullstellen.
U02 STO i	Speichert den Imaginärteil der ersten komplexen Nullstelle.
U03 VIEW i	Anzeige des Imaginärteils der ersten komplexen Nullstelle.
U04 VIEW X	Anzeige des Realteils der zweiten komplexen Nullstelle.
U05 RCL i	Ruft den Imaginärteil der komplexen Nullstellen zurück.
U06 +/-	Erzeugt den Imaginärteil der zweiten komplexen Nullstelle.
U07 STO i	Speichert den Imaginärteil der zweiten komplexen Nullstelle.
U08 VIEW i	Anzeige des Imaginärteils der zweiten komplexen Nullstelle.
Prüfsumme und Länge: 0EE4 012,0	

Benutzte Flags:

Das Flag 0 wird benutzt zur Markierung, ob die Nullstelle reell oder komplex ist (d.h. ob d ein positives oder negatives Vorzeichen hat). Wenn d negativ ist, dann wird Flag 0 gesetzt. Flag 0 wird später im Programm getestet, um sicherzustellen, daß sowohl Real- als auch Imaginärteile angezeigt werden, falls nötig.

Benötigter Speicher:

382,0 Byte: 268,5 für Programme, 33,5 für SOLVE, 80 für Variablen.

Anmerkungen:

Das Programm bearbeitet Polynome der Ordnung 2, 3, 4 und 5. Es überprüft nicht, ob die Ordnung, die Sie angeben, auch stimmt.

Das Programm verlangt, daß der Wert des konstanten Koeffizienten a_0 nicht gleich Null ist bei diesen Polynomen. (Wenn a_0 gleich Null ist, dann ist Null eine reelle Nullstelle. Reduzieren Sie die Ordnung des Polynoms durch Ausklammern von x .)

Die Ordnung und die Koeffizienten werden durch das Programm *nicht* geprüft.

Auf Grund von Rundungsfehlern bei numerischer Auswertung kann es sein, daß Werte erzeugt werden, die keine genauen Nullstellen des Polynoms sind. Der einzige Weg, dies zu überprüfen ist, die Nullstellen in das Polynom einzusetzen und manuell zu überprüfen, ob die zugehörigen Funktionswerte gleich Null sind.

Wenn SOLVE bei Polynomen dritter oder höherer Ordnung keine reelle Nullstelle finden kann, so wird die Fehlermeldung `DIVIDE BY 0` angezeigt.

Sie können Zeit und Speicherplatz sparen, wenn Sie Routinen, die Sie nicht benötigen, weglassen. Wenn Sie keine Polynome fünfter Ordnung lösen wollen, dann können Sie Routine E weglassen. Wenn Sie keine Polynome der Ordnungen 4 und 5 lösen wollen, dann können Sie die Routinen D, E und F weglassen. Wenn Sie keine Polynome der Ordnungen 3, 4 und 5 lösen wollen, können Sie die Routinen C, D, E und F weglassen.

Hinweise zum Programm:

1. Drücken Sie \leftarrow (CLEAR) {ALL} zum Löschen aller Programme und Variablen. Dieses Programm benötigt während der Ausführung alle Bytes des Speichers bis auf zwei.
2. Geben Sie die Programmroutinen ein; drücken Sie als Abschluß (C).
3. Drücken Sie (XEQ) P zum Starten des Programms zur Nullstellenbestimmung von Polynomen.
4. Geben Sie F ein, die Ordnung des Polynoms und drücken Sie die Taste (R/S).
5. Geben Sie auf jede Eingabeaufforderung hin den Koeffizienten ein und drücken Sie (R/S). Sie werden nicht nach dem Wert des höchsten Koeffizienten gefragt – es wird vorausgesetzt, daß dieser eins ist. Sie müssen Null eingeben für Koeffizienten, die gleich Null sind. Der Koeffizient A darf *nicht* gleich Null sein.

Ordnung	Glieder und Koeffizienten					
	x^5	x^4	x^3	x^2	x	Konstante
5	1	E	D	C	B	A
4		1	D	C	B	A
3			1	C	B	A
2				1	B	A

6. Nachdem Sie die Koeffizienten eingegeben haben, wird die erste Nullstelle berechnet. Eine reelle Nullstelle wird in der Form $X=Reeller\ Wert$ angezeigt. Eine komplexe Nullstelle wird in der Form $X=Realteil$ angezeigt. (Komplexe Nullstellen treten immer in Paaren der Form $u \pm iv$ auf, und werden in der Anzeige mit $X=Realteil$ und $i=Imaginärteil$ bezeichnet; dies werden sie im nächsten Schritt sehen.)
7. Drücken Sie wiederholt die Taste (R/S), um die anderen Nullstellen oder $i=Imaginärteil$, den Imaginärteil einer komplexen Nullstelle anzuzeigen. Die Ordnung des Polynoms ist dieselbe wie die Anzahl der Nullstellen, die Sie erhalten haben.
8. Bei einem neuen Polynom gehen Sie zu Schritt 3.

Benutzte Variablen:

<i>A bis E</i>	Koeffizienten der Polynome; Löschspeicher.
<i>F</i>	Ordnung des Polynoms; Löschspeicher.
<i>G</i>	Löschspeicher.
<i>H</i>	Zeiger zu den Polynomkoeffizienten.
<i>X</i>	Der Wert der reellen Nullstelle oder des Realteils der komplexen Nullstelle.
<i>i</i>	Der Imaginärteil der komplexen Nullstelle; wird auch als Indexvariable verwendet.

Beispiel 1:

Bestimmen Sie die Nullstellen von
 $x^5 - x^4 - 101x^3 + 101x^2 + 100x - 100 = 0$.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
$\boxed{\text{XEQ}}$ P	F? Wert	Beginn der Routine zur Bestimmung der Nullstellen von Polynomen; verlangt Eingabe der Ordnung des Polynoms.
5 $\boxed{\text{R/S}}$	E? Wert	Speichert 5 in F; verlangt Eingabe des Wertes für E.
1 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{R/S}}$	D? Wert	Speichert -1 in E; verlangt Eingabe des Wertes für D.
101 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{R/S}}$	C? Wert	Speichert -101 in D; verlangt Eingabe des Wertes für C.
101 $\boxed{\text{R/S}}$	B? Wert	Speichert 101 in C; verlangt Eingabe des Wertes für B.
100 $\boxed{\text{R/S}}$	A? Wert	Speichert 100 in B; verlangt Eingabe des Wertes für A.
100 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{R/S}}$	X=1,0000"	Speichert -100 in A; berechnet die erste Nullstelle.
$\boxed{\text{R/S}}$	X=1,0000	Berechnet die zweite Nullstelle.
$\boxed{\text{R/S}}$	X=10,0000	Berechnet die dritte Nullstelle.
$\boxed{\text{R/S}}$	X=-10,0000	Berechnet die vierte Nullstelle.
$\boxed{\text{R/S}}$	X=-1,0000	Berechnet die fünfte Nullstelle.

Beispiel 2:

Bestimmen Sie die Nullstellen von $4x^4 - 8x^3 - 13x^2 - 10x + 22 = 0$. Da der Koeffizient des Gliedes höchster Ordnung gleich eins sein muß, dividieren Sie alle anderen Koeffizienten durch den ersten Koeffizienten.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
$\boxed{\text{XEQ}}$ P	F?value	Beginn der Routine zur Nullstellenbestimmung von Polynomen; verlangt Eingabe der Ordnung des Polynoms.
4 $\boxed{\text{R/S}}$	D? Wert	Speichert 4 in F; verlangt Eingabe des Wertes für D.
8 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{ENTER}}$ 4 $\boxed{\div}$ $\boxed{\text{R/S}}$	C? Wert	Speichert $-8/4$ in D; verlangt Eingabe des Wertes für C.
13 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{ENTER}}$ 4 $\boxed{\div}$ $\boxed{\text{R/S}}$	B? Wert	Speichert $-13/4$ in C; verlangt Eingabe des Wertes für B.
10 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{ENTER}}$ 4 $\boxed{\div}$ $\boxed{\text{R/S}}$	A? Wert	Speichert $-10/4$ in B; verlangt Eingabe des Wertes für A.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
22 ENTER 4 ÷ R/S	X=0,8820	Speichert 22/4 in A; berechnet die erste Nullstelle
R/S	X=3,1180	Berechnet die zweite Nullstelle.
R/S	X=-1,0000	Zeigt den Realteil der dritten Nullstelle an.
R/S	i=1,0000	Zeigt den Imaginärteil der dritten Nullstelle an.
R/S	X=-1,0000	Zeigt den Realteil der vierten Nullstelle an.
R/S	i=-1,0000	Zeigt den Imaginärteil der vierten Nullstelle an.

Beispiel 3:

Bestimmen Sie die Nullstellen des folgenden Polynoms zweiter Ordnung:

$$x^2 + x - 6 = 0$$

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
XEQ P	F? Wert	Beginn der Routine zur Bestimmung der Nullstellen eines Polynoms; verlangt Eingabe der Ordnung des Polynoms.
2 R/S	B? Wert	Speichert 2 in F; verlangt Eingabe des Wertes für B.
1 R/S	A? Wert	Speichert 1 in B; verlangt Eingabe des Wertes für A.
6 +/- R/S	X=-3,0000	Speichert -6 in A; berechnet die erste Nullstelle.
R/S	X=2,0000	Berechnet die zweite Nullstelle.

Koordinatentransformation

Dieses Programm führt eine zweidimensionale Koordinatenverschiebung und -rotation aus.

Die nachstehenden Gleichungen werden dazu verwendet, den Punkt P mit den kartesischen Koordinaten (x, y) im alten System in die Koordinaten (u, v) des neuen, verschobenen und rotierten Systems zu konvertieren.

$$u = (x - m) \cos \theta + (y - n) \sin \theta$$

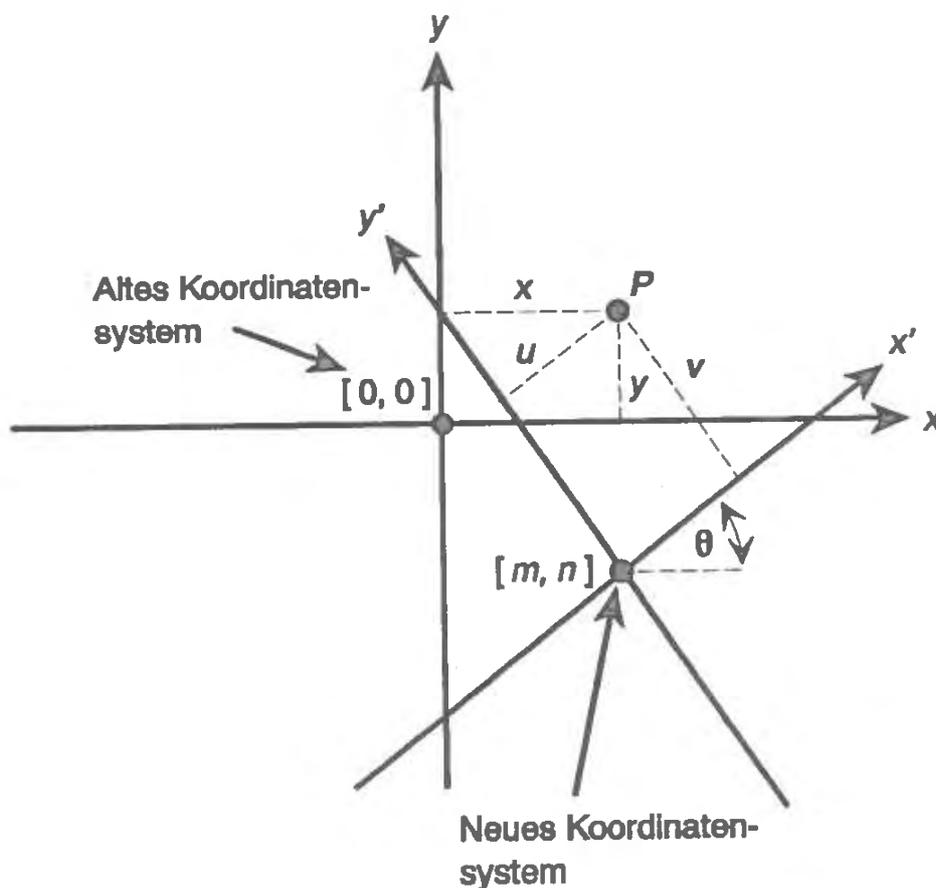
$$v = (y - n) \cos \theta - (x - m) \sin \theta$$

Die umgekehrte Transformation wird durch die Gleichungen

$$x = u \cos \theta - v \sin \theta + m$$

$$y = u \sin \theta + v \cos \theta + n$$

erreicht. Die im HP 32SII enthaltenen Funktionen machen diese Berechnungen relativ unkompliziert.



Programmliste:

Programmzeilen:	Beschreibung:
D01 LBL D	Diese Routine definiert das neue Koordinatensystem.
D02 INPUT M	Eingeben/Speichern von M , der x -Koordinate des neuen Koordinatenursprungs.
D03 INPUT N	Eingeben/Speichern von N , der y -Koordinate des neuen Koordinatenursprungs.
D04 INPUT T	Eingeben/Speichern von T , dem Winkel θ .
D05 GTO D	Springt zurück zum Überprüfen der Eingabewerte.
Prüfsumme und Länge: 2ED3 007,5	
N01 LBL N	Diese Routine konvertiert die Koordinaten aus dem alten System in das neue System.
N02 INPUT X	Eingeben/Speichern von X , der alten x -Koordinate.
N03 INPUT Y	Eingeben/Speichern von Y , der alten y -Koordinate.
N04 RCL X	Schiebt Y nach oben, ruft X in das X-Register.
N05 RCL N	Schiebt X und Y nach oben, ruft N in das X-Register.
N06 RCL M	Schiebt N , X und Y nach oben, ruft M zurück.
N07 CMPLX-	Berechnet $(X-M)$ und $(Y-N)$.
N08 RCL T	Schiebt $(X-M)$ und $(Y-N)$ nach oben und ruft T zurück.
N09 +/-	Ändert das Vorzeichen von T , da $\sin(-T)$ gleich $-\sin(T)$ ist.
N10 1	Speichert 1 für den Radius zur Berechnung von $\cos(T)$ und $-\sin(T)$.
N11 $\theta, r \rightarrow y, x$	Berechnet $\cos(T)$ und $-\sin(T)$ in X- und Y-Register.
N12 CMPLX*	Berechnet $(X-M)\cos(T) + (Y-N)\sin(T)$ und $(Y-N)\cos(T) - (X-M)\sin(T)$.
N13 STO U	Speichert die x -Koordinate in der Variablen U .
N14 $x \leftrightarrow y$	Tauscht Positionen der Koordinaten aus.
N15 STO V	Speichert die y -Koordinate in der Variablen V .
N16 $x \leftrightarrow y$	Erzeugt wieder die urspr. Koordinatenpositionen.

N17 VIEW U	Anzeige von U .
N18 VIEW V	Anzeige von V .
N19 GTO N	Rücksprung zur Ausführung einer neuen Berechnung.
Prüfsumme und Länge: 3A46 028,5	
001 LBL 0	Diese Routine konvertiert Koordinaten vom neuen System in das alte System.
002 INPUT U	Eingeben und Speichern von U .
003 INPUT V	Eingeben und Speichern von V .
004 RCL U	Schiebt V nach oben und ruft U zurück.
005 RCL T	Schiebt U, V nach oben, ruft T zurück.
006 1	Setzt für die Berechnung von $\sin(T)$ und $\cos(T)$ den Radius auf 1.
007 $\theta, r \rightarrow y, x$	Berechnet $\cos(T)$ und $\sin(T)$.
008 CMPLX \times	Berechnet $U \cos(T) - V \sin(T)$ und $U \sin(T) + V \cos(T)$.
009 RCL N	Schiebt vorherige Ergebnisse nach oben und ruft N zurück.
010 RCL M	Schiebt Ergebnisse nach oben und ruft M zurück.
011 CMPLX+	Schließt Berechnung durch Addition von M und N zu den vorherigen Ergebnissen ab.
012 STO X	Speichert die x -Koordinate in der Variablen X .
013 $x \leftrightarrow y$	Tauscht Positionen der Koordinaten aus.
014 STO Y	Speichert die y -Koordinate in der Variablen Y .
015 $x \leftrightarrow y$	Bringt Koordinaten zurück in die ursprünglichen Positionen.
016 VIEW X	Anzeige von X .
017 VIEW Y	Anzeige von Y .
018 GTO 0	Rücksprung zum Programmanfang für weitere Berechnungen.

Prüfsumme und Länge: 7C14 027,0

Benutzte Flags:

Keine.

Erforderlicher Speicherplatz:

119 Byte: 63 für das Programm, 56 für Variablen.

Hinweise zum Programm:

1. Tippen Sie die Routine ein; drücken Sie zum Abschluß **(C)**.
2. Drücken Sie **(XEQ) D**, um die Koordinatentransformation zu definieren.
3. Tippen Sie die x -Koordinate des neuen Koordinatenursprungs M und drücken Sie **(R/S)**.
4. Tippen Sie die y -Koordinate des neuen Koordinatenursprungs N ein und drücken Sie **(R/S)**.
5. Tippen Sie den Rotationswinkel T ein und drücken Sie **(R/S)**.
6. Zur Ausführung der Transformation vom alten System in das neue System ist mit Schritt 7 fortzufahren. Um vom neuen System in das alte zu konvertieren, ist mit Schritt 12 fortzufahren.
7. Drücken Sie **(XEQ) N**, um die Transformation "alt nach neu" zu starten.
8. Tippen Sie X ein und drücken Sie **(R/S)**.
9. Tippen Sie Y ein und drücken Sie **(R/S)** zur Berechnung der x -Koordinate U im neuen System.
10. Drücken Sie **(R/S)**, wonach Sie die y -Koordinate V im neuen System angezeigt erhalten.
11. Drücken Sie **(R/S)**, um eine erneute Transformation "alt nach neu" durchzuführen und zu Schritt 8 zurückzugehen; Schritt 12 beginnt eine Transformation "neu nach alt".
12. Drücken Sie **(XEQ) A**, um die Transformation "neu nach alt" zu starten.
13. Tippen Sie U ein (x -Koordinate im neuen System) und drücken Sie **(R/S)**.
14. Tippen Sie V ein (y -Koordinate im neuen System) und drücken Sie **(R/S)** zur Anzeige von X .
15. Drücken Sie **(R/S)** zur Anzeige von Y .
16. Drücken Sie **(R/S)**, um mit einer weiteren Transformation "neu nach alt" in Schritt 13 fortzufahren. (Schritt 7 für eine Transformation "alt nach neu").

Benutzte Variablen:

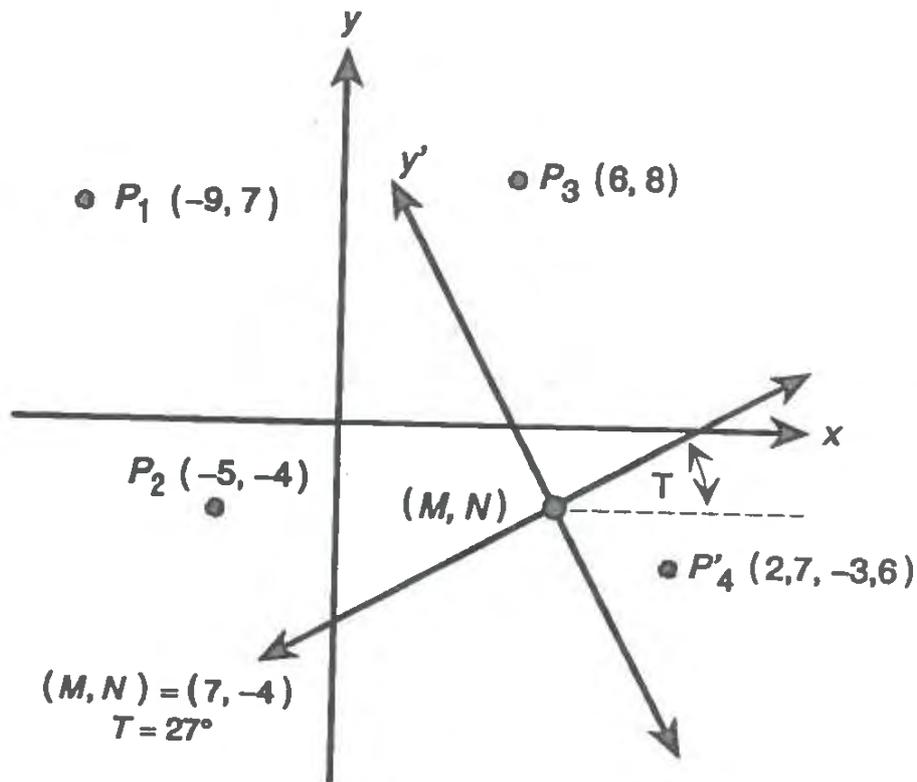
M	Die x -Koordinate des Ursprungs im neuen System.
N	Die y -Koordinate des Ursprungs im neuen System.
T	Der Rotationswinkel θ zwischen dem alten und neuen System.
X	Die x -Koordinate eines Punktes im alten System.
Y	Die y -Koordinate eines Punktes im alten System.
U	Die x -Koordinate eines Punktes im neuen System.
V	Die y -Koordinate eines Punktes im neuen System.

Anmerkungen:

Bei einer reinen Verschiebung ist Null für T einzugeben; bei einer reinen Rotation ist Null für M und N einzugeben.

Beispiel:

Für das nachstehende Koordinatensystem sind die Punkte P_1 , P_2 und P_3 , im (X, Y) -System, in Punkte des (X', Y') -Systems zu konvertieren. Rechnen Sie P'_4 , aus dem (X', Y') -System, in das (X, Y) -System um.



Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow MODES {DG}		Stellt den Winkelmodus Grad ein, da T in Grad angegeben ist.
XEQ D	M? Wert	Startet Routine, welche die Transformation definiert.
7 R/S	N? Wert	Speichert 7 in M .
4 +/- R/S	T? Wert	Speichert -4 in N .
27 R/S	M?7, 0000	Speichert 27 in T .

$\boxed{\text{XEQ}}$ N	X? Wert	Startet die Alt-nach-Neu-Routine.
9 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{R/S}}$	Y? Wert	Speichert -9 in X.
7 $\boxed{\text{R/S}}$	U=-9,2622	Speichert 7 in Y und berechnet U.
$\boxed{\text{R/S}}$	V=17,0649	Berechnet V.
$\boxed{\text{R/S}}$	X? -9,0000	Startet die Alt-nach-Neu-Routine für weitere Koordinaten.
5 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{R/S}}$	Y? 7,0000	Speichert -5 in X.
4 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{R/S}}$	U=-10,6921	Speichert -4 in Y.
$\boxed{\text{R/S}}$	V=5,4479	Berechnet V.
$\boxed{\text{R/S}}$	X? -5,0000	Startet die Alt-nach-Neu-Routine für weitere Koordinaten.
6 $\boxed{\text{R/S}}$	Y? -4,0000	Speichert 6 in X.
8 $\boxed{\text{R/S}}$	U=4,5569	Speichert 8 in Y und berechnet U.
$\boxed{\text{R/S}}$	V=11,1461	Berechnet V.
$\boxed{\text{XEQ}}$ O	U? 4,5569	Startet die Neu-nach-Alt-Routine.
2,7 $\boxed{\text{R/S}}$	V? 11,1461	Speichert 2,7 in U.
3,6 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{R/S}}$	X=11,0401	Speichert -3,6 in V und berechnet X.
$\boxed{\text{R/S}}$	Y=-5,9818	Berechnet Y.

Statistikprogramme

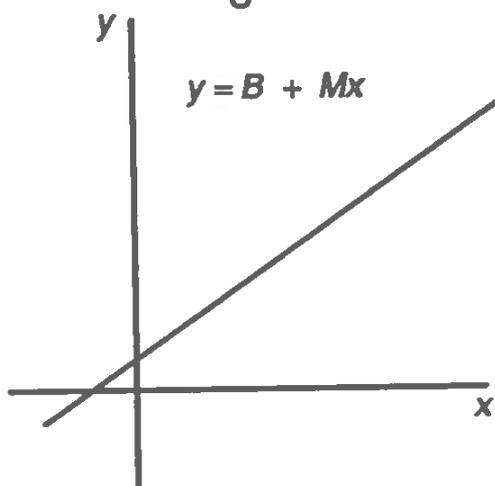
Kurvenanpassung

Dieses Programm kann eines von vier Kurvenmodellen an Ihre Statistikdaten anpassen. Bei den vier Kurven handelt es sich um ein lineares, ein logarithmisches, ein exponentielles und ein Potenz-Kurvenmodell. Nach Eingabe von zwei oder mehr x , y -Datenpaaren lassen sich der Korrelationskoeffizient r und die beiden Regressionskoeffizienten m und b berechnen. Das Programm enthält außerdem eine Routine, über welche die Berechnung der Vorhersagewerte \hat{x} und \hat{y} möglich ist. (Eine Definition dieser Werte finden Sie unter "Lineare Regression" in Kapitel 11).

Beispiele der Kurven und die zugehörigen Gleichungen finden Sie nachstehend. Zur Berechnung der Regressionskoeffizienten werden die im HP 32SII eingebauten Regressionsfunktionen verwendet.

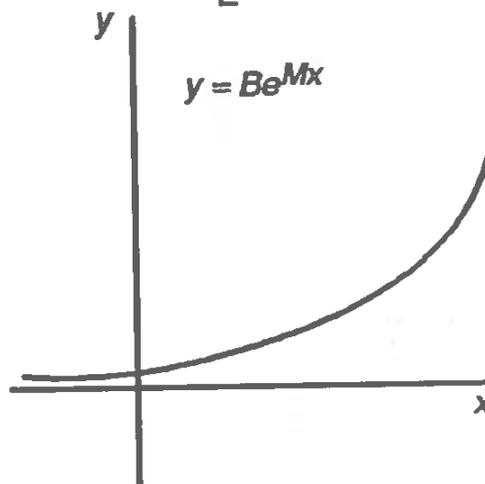
Lineare Kurvenanpassung

S



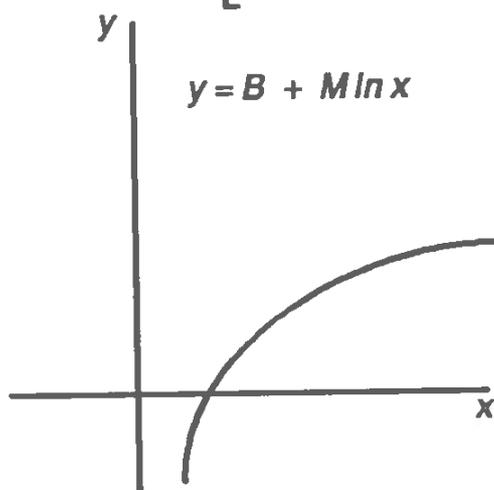
Exponentielle Kurvenanpassung

E



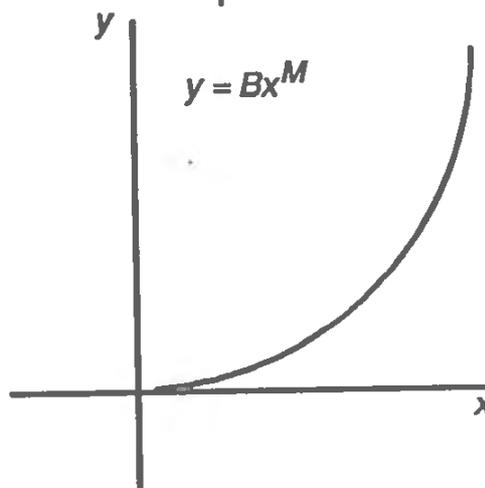
Logarithmische Kurvenanpassung

L



Potenz-Kurvenanpassung

P



Bei der Anpassung der logarithmischen Kurve sind nur positive Werte für x erlaubt; um eine Anpassung einer exponentiellen Kurve durchzuführen, müssen die Werte für y positiv sein; soll die Anpassung einer Potenzkurve erfolgen, so müssen die Werte für x und y beide positiv sein. Werden diese Hinweise nicht beachtet und ein unzulässiger negativer Wert eingegeben, dann wird die Fehlermeldung LOG<NEG> angezeigt.

Daten mit großen Beträgen aber relativ kleinen Differenzen können zu Problemen bei der Genauigkeit führen, ebenso Daten mit hohen betragsmäßigen Unterschieden. Näheres finden Sie unter "Grenzen für die Genauigkeit von Daten" im Kapitel 11.

Programmliste:

Programmzeilen:	Beschreibung:
S01 LBL S	Diese Routine führt die Voreinstellungen für das lineare Modell durch.
S02 1	Eingabe des Indexwertes für spätere Speicherung in i (für indirekte Adressierung).
S03 CF 0	Löscht Flag 0, den Indikator für $\ln X$.
S04 CF 1	Löscht Flag 1, den Indikator für $\ln Y$.
S05 GTO Z	Sprung zum gemeinsamen Eingangspunkt Z.
Prüfsumme und Länge: EBD2 007,5	
L01 LBL L	Diese Routine führt die Voreinstellungen für das logarithmische Modell durch.
L02 2	Eingabe des Indexwertes für spätere Speicherung in i (für indirekte Adressierung).
L03 SF 0	Setzt Flag 0, den Indikator für $\ln X$.
L04 CF 1	Löscht Flag 1, den Indikator für $\ln Y$.
L05 GTO Z	Sprung zum gemeinsamen Eingangspunkt Z.
Prüfsumme und Länge: 7462 007,5	
E01 LBL E	Diese Routine führt die Voreinstellung für das exponentielle Modell durch.
E02 3	Eingabe des Indexwertes für spätere Speicherung in i (für indirekte Adressierung).
E03 CF 0	Löscht Flag 0, den Indikator für $\ln X$.
E04 SF 1	Setzt Flag 1, den Indikator für $\ln Y$.
E05 GTO Z	Sprung zum gemeinsamen Eingangspunkt Z.
Prüfsumme und Länge: DCEA 007,5	
P01 LBL P	Diese Routine führt die Voreinstellung für das Potenz-Modell durch.
P02 4	Eingabe des Indexwertes für spätere Speicherung in i (für indirekte Adressierung).
P03 SF 0	Setzt Flag 0, den Indikator für $\ln X$.
P04 SF 1	Setzt Flag 1, den Indikator für $\ln Y$.
Prüfsumme und Länge: F399 006,0	

Z01 LBL Z Gemeinsamer Eingangspunkt für alle Modelle.
 Z02 CLΣ Löscht die Statistikregister.
 Z03 STO i Speichert Indexwert in *i* für indirekte
 Adressierung.
 Z04 0 Setzt für die erste Eingabe den Schleifenzähler
 auf Null.

Prüfsumme und Länge: 8C2F 006,0

W01 LBL W Anfang der Eingabeschleife.
 W02 1 Erhöht den Schleifenzähler für die nächste
 Eingabe um 1.
 W03 +
 W04 STO X Speichert Schleifenzähler in *X*, so daß zusammen
 mit der Eingabeaufforderung für *X* der
 Zählerstand angezeigt wird.
 W05 INPUT X Zeigt Zählerstand an und speichert Eingabe für
 X.
 W06 FS? 0 Wenn Flag 0 gesetzt ist,
 W07 LN wird der natürliche Logarithmus der
 einggegebenen Zahl berechnet.
 W08 STO B Speichert diesen Wert für Korrekturroutine.
 W09 INPUT Y Eingeben und Speichern von *Y*.
 W10 FS? 1 Wenn Flag 1 gesetzt ist,
 W11 LN wird der natürliche Logarithmus der
 einggegebenen Zahl berechnet.
 W12 STO R
 W13 RCL B
 W14 Σ+ Akkumuliert *B* und *R* als *x*-, *y*-Datenpaar in den
 Statistikregistern.
 W15 GTO W Zurück zum Schleifenanfang für weiteres Paar
 X, Y.

Prüfsumme und Länge: AAD5 022,5

U01 LBL U Beginn der Korrekturroutine "Undo".
 U02 RCL R Ruft das letzte Datenpaar zurück.
 U03 RCL B
 U04 Σ- Löscht dieses Paar aus den Statistikregistern.
 U05 GTO W Zurück zum Schleifenanfang für weiteres Paar
 X, Y.

Prüfsumme und Länge: AFAA 007,5

R01 LBL R	Beginn der Ausgaberoutine.
R02 r	Berechnet den Korrelationskoeffizienten.
R03 STO R	Speichert ihn in R .
R04 VIEW R	Zeigt den Korrelationskoeffizienten an.
R05 b	Berechnet den Koeffizienten b .
R06 FS? 1	Wenn Flag 1 gesetzt ist, Berechnung von e^b
R07 e^x	
R08 STO B	Speichert b bzw. e^b in B .
R09 VIEW B	Zeigt den Wert an.
R10 m	Berechnet den Koeffizienten m .
R11 STO M	Speichert m in M .
R12 VIEW M	Zeigt den Wert an.
Prüfsumme und Länge: EBF3 018,0	
Y01 LBL Y	Beginn der Schleife für die Berechnung von Vorhersagewerten.
Y02 INPUT X	Anzeigen und Speichern (falls Eingabe/Änderung) des x -Wertes in X .
Y03 XEQ(i)	Ruft Unterprogramm zur Berechnung von \hat{y} auf.
Y04 STO Y	Speichert \hat{y} -Wert in Y .
Y05 INPUT Y	Anzeigen (falls Eingabe/Änderung) und Speichern des y -Wertes in Y .
Y06 6	
Y07 STO+ i	Stellt Indexwert zur Adressierung des entsprechenden Unterprogramms ein.
Y08 XEQ(i)	Ruft Unterprogramm zur Berechnung von \hat{x} auf.
Y09 STO X	Speichert für nächste Schleife \hat{x} in X .
Y10 GTO Y	Rückkehr zum Schleifenanfang für weitere Vorhersagewerte.
Prüfsumme und Länge: BA07 015,0	
A01 LBL A	Dieses Unterprogramm berechnet \hat{y} für das lineare Modell.
A02 RCL M	
A03 RCLx X	
A04 RCL+ B	Berechnet $\hat{y} = MX + B$.
A05 RTN	Rückkehr zur aufrufenden Routine.
Prüfsumme und Länge: 2FDA 007,5	

G01 LBL G Dieses Unterprogramm berechnet \hat{x} für das lineare Modell.

G02 STO- i Speichert den ursprünglichen Wert für den Index zurück.

G03 RCL Y

G04 RCL- B

G05 RCL÷ M Berechnet $\hat{x} = (Y - B) \div M$.

G06 RTN Rückkehr zur aufrufenden Routine.

Prüfsumme und Länge: 0D3F 009,0

B01 LBL B Dieses Unterprogramm berechnet \hat{y} für das logarithmische Modell.

B02 RCL X

B03 LN

B04 RCL× M

B05 RCL+ B Berechnet $\hat{y} = M \ln X + B$.

B06 RTN Rückkehr zur aufrufenden Routine.

Prüfsumme und Länge: 7AB7 009,0

H01 LBL H Dieses Unterprogramm berechnet \hat{x} für das logarithmische Modell.

H02 STO- i Speichert den ursprünglichen Wert für den Index zurück.

H03 RCL Y

H04 RCL- B

H05 RCL÷ M

H06 e^x Berechnet $\hat{x} = e^{(Y-B) \div M}$.

H07 RTN Rückkehr zur aufrufenden Routine.

Prüfsumme und Länge: B00D 010,5

C01 LBL C Dieses Unterprogramm berechnet \hat{y} für das exponentielle Modell.

C02 RCL M

C03 RCL× X

C04 e^x

C05 RCL× B Berechnet $\hat{y} = Be^{MX}$.

C06 RTN Rückkehr zur aufrufenden Routine.

Prüfsumme und Länge: AA19 009,0

I01 LBL I Dieses Unterprogramm berechnet \hat{x} für das
 exponentielle Modell.
 I02 STO- i Speichert den ursprünglichen Wert für den Index
 zurück.
 I03 RCL Y
 I04 RCL÷ B
 I05 LN
 I06 RCL÷ M Berechnet $\hat{x} = (\ln(Y \div B)) \div M$.
 I07 RTN Rückkehr zur aufrufenden Routine.
 Prüfsumme und Länge: 7D3B 010,5
 D01 LBL D Dieses Unterprogramm berechnet \hat{y} für das
 Potenz-Modell.
 D02 RCL X
 D03 RCL M
 D04 y^x
 D05 RCL× B Berechnet $Y = B(X^M)$.
 D06 RTN Rückkehr zur aufrufenden Routine.
 Prüfsumme und Länge: 30CD 009,0
 J01 LBL J Dieses Unterprogramm berechnet \hat{x} für das
 Potenz-Modell.
 J02 STO- i Speichert den ursprünglichen Wert für den Index
 zurück.
 J03 RCL Y
 J04 RCL÷ B
 J05 RCL M
 J06 $1/x$
 J07 y^x Berechnet $\hat{x} = (Y/B)^{1/M}$.
 J08 RTN Rückkehr zur aufrufenden Routine.
 Prüfsumme und Länge: 7139 012,0

Benutzte Flags:

Flag 0 ist gesetzt, wenn der natürliche Logarithmus der für X
 eingegeben Werte berechnet werden muß; Flag 1 ist gesetzt, wenn
 der natürliche Logarithmus der für Y eingegebenen Werte berechnet
 werden muß.

Erforderlicher Speicherplatz:

270 Byte: 174 für das Programm, 96 für Daten (Statistikregister 48).

Hinweise zum Programm:

1. Tippen Sie die einzelnen Routinen ein; drücken Sie zum Abschluß **(C)**.
2. Drücken Sie **(XEQ)**, und wählen Sie das Kurvenmodell durch Drücken von:
 - S für eine lineare Kurve
 - L für eine logarithmische Kurve
 - E für eine exponentielle Kurve
 - P für eine Potenzkurve
3. Tippen Sie den x -Wert ein, und drücken Sie **(R/S)**.
4. Tippen Sie den y -Wert ein, und drücken Sie **(R/S)**.
5. Wiederholen Sie die Schritte 3 und 4 für jedes Datenpaar. Wenn Sie einen Tippfehler bemerken, nachdem Sie **(R/S)** in Schritt 3 gedrückt haben (in der Anzeige steht dann $Y?Wert$), dann drücken Sie erneut **(R/S)** (was zur Eingabeaufforderung $X?Wert$ führt) und anschließend **(XEQ)** U (*Undo*), um das letzte Datenpaar aus den Statistikregistern zu löschen. Bemerken Sie den Fehler erst nach Schritt 4, so drücken Sie **(XEQ)** U. In beiden Fällen ist mit Schritt 3 fortzufahren.
6. Drücken Sie am Ende der Dateneingabe **(XEQ)** R, um den Korrelationskoeffizienten R anzuzeigen.
7. Drücken Sie **(R/S)** zur Anzeige des Regressionskoeffizienten B .
8. Drücken Sie **(R/S)** zur Anzeige des Regressionskoeffizienten M .
9. Drücken Sie **(R/S)** zur Anzeige der Eingabeaufforderung $X?Wert$ für die \hat{x} , \hat{y} -Vorhersageroutine.
10. Wenn Sie \hat{y} unter Vorgabe von x berechnen möchten, ist x bei der Aufforderung $X?Wert$ einzutippen und anschließend **(R/S)** zur Anzeige von \hat{y} ($Y?$) zu drücken.
11. Wenn Sie \hat{x} unter Vorgabe von y berechnen möchten, drücken Sie **(R/S)** bis die Eingabeaufforderung $Y?Wert$ erscheint; danach geben Sie y ein und drücken **(R/S)** zur Anzeige von \hat{x} ($X?$).
12. Wenn Sie weitere Vorhersagewerte berechnen möchten, ist mit den Schritten 10 und 11 fortzufahren.

13. Gehen Sie zu Schritt 2 zurück, wenn Sie eine neue Aufgabenstellung bearbeiten möchten.

Benutzte Variablen:

<i>B</i>	Regressionskoeffizient (<i>y</i> -Achsenabschnitt einer Geraden); auch als Hilfsvariable benutzt.
<i>M</i>	Regressionskoeffizient (Steigung einer Geraden).
<i>R</i>	Korrelationskoeffizient; auch als Hilfsvariable benutzt.
<i>X</i>	Der <i>x</i> -Wert eines Datenpaares während der Eingabe; hypothetisches <i>x</i> bei der Vorhersage von \hat{y} ; oder \hat{x} (Vorhersagewert für <i>x</i>) bei einem hypothetischen <i>y</i> .
<i>Y</i>	Der <i>y</i> -Wert eines Datenpaares während der Eingabe; hypothetisches <i>y</i> bei der Vorhersage von \hat{x} ; oder \hat{y} (Vorhersagewert für <i>y</i>) bei einem hypothetischen <i>x</i> .
<i>i</i>	Indexvariable zur indirekten Adressierung der dem gewählten Modell entsprechenden \hat{x} , \hat{y} -Gleichung.
Statistikregister	Statistische Summen und Berechnungen.

Beispiel 1:

Führen Sie für die nachstehenden Daten eine Kurvenanpassung für ein lineares Kurvenmodell durch. Machen Sie absichtlich einen Fehler beim Eingeben eines dritten Datenpaares und führen Sie mit "UNDO" eine Korrektur durch. Weiterhin sind Vorhersagewerte für *y* bei *x* = 37 und für *x* bei *y* = 101 zu ermitteln.

X	40,5	38,6	37,9	36,2	35,1	34,6
Y	104,5	102	100	97,5	95,5	94

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
XEQ S	X?1,0000	Start der Routine für lineares Kurvenmodell, Eingabeaufforderung für den ersten x -Wert
40,5 R/S	Y?Wert	x -Wert des ersten Datenpaares, Eingabeaufforderung für den ersten y -Wert
104,5 R/S	X?2,0000	y -Wert des ersten Datenpaares.
38,6 R/S	Y?104,5000	x -Wert des zweiten Datenpaares.
102 R/S	X?3,0000	y -Wert des zweiten Datenpaares.

Geben Sie nun absichtlich 379 anstatt 37,9 ein, um die Anwendung der Korrekturroutine (*Undo*) kennenzulernen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
379 R/S	Y?102,0000	Falscher x -Wert für das dritte Datenpaar.
R/S	X?4,0000	Bringt Eingabeaufforderung für x zurück.
XEQ U	X?3,0000	Löscht das letzte Datenpaar
37,9 R/S	Y?102,0000	Korrektter x -Wert für das dritte Datenpaar
100 R/S	X?4,0000	y -Wert des dritten Datenpaares.
36,2 R/S	Y?100,0000	x -Wert des vierten Datenpaares

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
97,5 (R/S)	X?5,0000	y -Wert des vierten Datenpaares
35,1 (R/S)	Y?97,5000	x -Wert des fünften Datenpaares
95,5 (R/S)	X?6,0000	y -Wert des fünften Datenpaares
34,6 (R/S)	Y?95,5000	x -Wert des sechsten Datenpaares
94 (R/S)	X?7,0000	y -Wert des sechsten Datenpaares
(XEQ) R	R=0,9955	Berechnet den Korrelationskoeffizienten.
(R/S)	B=33,5271	Berechnet den Regressionskoeffizienten B .
(R/S)	M=1,7601	Berechnet den Regressionskoeffizienten M .
(R/S)	X?7,0000	Eingabeaufforderung für hypothetischen x -Wert.
37 (R/S)	Y?98,6526	Speichert 37 in X und berechnet \hat{y} .
101 (R/S)	X?38,3336	Speichert 101 in Y und berechnet \hat{x} .

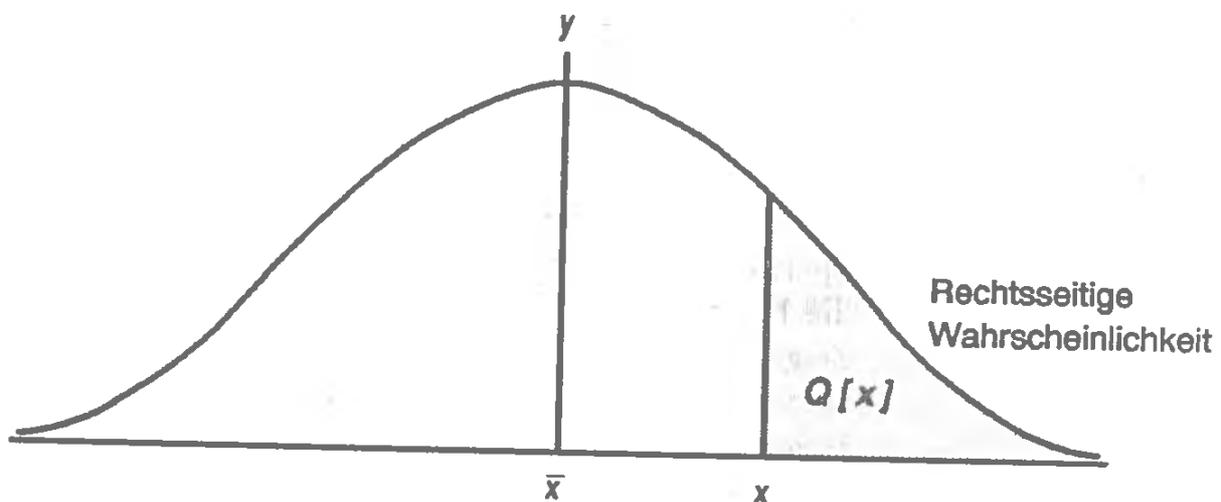
Beispiel 2:

Wiederholen Sie Beispiel 1 (Verwendung der gleichen Daten) und passen Sie das logarithmische, das exponentielle und das Potenz-Kurvenmodell an die Daten an. Die nachstehende Tabelle enthält die Labels und Ergebnisse (Korrelations- und Regressionskoeffizienten sowie x - und y -Vorhersagewerte) für jedes Kurvenmodell. Sie müssen die Datenpaare jeweils neu eingeben, wenn Sie das Programm für ein anderes Kurvenmodell starten.

	Logarithmisch	Exponentiell	Potenz
Programmstart mit:	<input type="checkbox"/> XEQ L	<input type="checkbox"/> XEQ E	<input type="checkbox"/> XEQ P
R	0,9965	0,9945	0,9959
B	-139,0088	51,1312	8,9730
M	65,8446	0,0177	0,6640
Y (\hat{y} für $X=37$)	98,7508	98,5870	98,6845
X (\hat{x} für $Y=101$)	38,2857	38,3628	38,3151

Normalverteilung und Verteilungsfunktion

Die Normalverteilung wird häufig als Modell für die Verteilung einer Zufallsvariablen um einen Mittelwert verwendet. Das Modell geht davon aus, daß die Stichprobenverteilung symmetrisch zum Mittelwert M ist und die Form einer Glockenkurve besitzt. Das Programm berechnet für ein gegebenes x die Wahrscheinlichkeit, daß ein zufällig gewählter Wert aus der Stichprobe einen höheren Wert besitzt. Dies wird auch als rechtsseitige Wahrscheinlichkeit $Q(x)$ bezeichnet. Das Programm erlaubt auch die Umkehrung: für einen vorgegebenen Wert $Q(x)$ kann der zugehörige x -Wert berechnet werden.



$$Q(x) = 0,5 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\bar{x}}^x e^{-((x - \bar{x}) \div \sigma)^2 \div 2} dx$$

Das Programm verwendet die im HP 32SII eingebaute Integrationsroutine zur Berechnung des in der Verteilungsfunktion enthaltenen Integrals. Die Umkehrung hierzu ergibt sich durch die Anwendung des Newtonschen Iterationsverfahrens bei der Suche eines x -Wertes, der zu der gegebenen Wahrscheinlichkeit $Q(x)$ führt.

Programmliste:

Programmzeilen:	Beschreibung:
S01 LBL S	Diese Routine berechnet das Programm für die Standardabweichung.
S02 0	Speichert 0 als Vorgabewert für den Mittelwert.
S03 STO M	
S04 INPUT M	Eingeben und Speichern des Mittelwerts M .
S05 1	Speichert 1 als Vorgabewert für die Standardabweichung.
S06 STO S	
S07 INPUT S	Eingeben und Speichern der Standardabweichung S .
S08 RTN	Beendet Anzeige der Standardabweichung.
Prüfsumme und Länge: E5FA 012,0	
D01 LBL D	Berechnung von $Q(X)$ bei gegebenen X .
D02 INPUT X	Eingeben und Speichern von X .
D03 XEQ Q	Berechnet rechtsseitige Wahrscheinlichkeit.
D04 STO Q	Speichert den Wert Q , wodurch Anzeige durch die Funktion VIEW möglich ist.
D05 VIEW Q	Zeigt $Q(X)$ an.
D06 GTO D	Rückkehr zum Schleifenanfang zur weiteren Berechnung eines neuen $Q(X)$.
Prüfsumme und Länge: 2D6A 009,0	
I01 LBL I	Berechnung von X bei gegebenem $Q(X)$.
I02 INPUT Q	Eingeben und Speichern von $Q(X)$.
I03 RCL M	Ruft den Mittelwert zurück.
I04 STO X	Speichert den Mittelwert als $X_{\text{Schätz}}$ (Schätzwert für X).
Prüfsumme und Länge: 35BF 006,0	
T01 LBL T	Beginn der Iterationsschleife.
T02 XEQ Q	Berechnet $(Q(X_{\text{Schätz}}) - Q(X))$.
T03 RCL- Q	
T04 RCL X	
T05 STO D	
T06 R↓	
T07 XEQ F	Berechnet die Ableitung bei $X_{\text{Schätz}}$.
T08 RCL÷ T	

T09 ÷	Berechnet Korrekturwert für $X_{\text{Schätz}}$.
T10 STO+ X	Addition des Korrekturwertes, liefert neues $X_{\text{Schätz}}$.
T11 ABS	
T12 0,0001	
T13 x<y?	Test, ob der Korrekturwert signifikant ist.
T14 GTO T	Rücksprung zur Korrekturschleife, falls signifikant, ansonsten nächste Anweisung.
T15 RCL X	
T16 VIEW X	Zeigt berechneten Wert von X an.
T17 GTO I	Rückkehr zum Schleifenanfang zur Berechnung eines neuen X .
Prüfsumme und Länge: C2AD 033,5	
Q01 LBL Q	Dieses Unterprogramm berechnet die rechtsseitige Wahrscheinlichkeit $Q(x)$.
Q02 RCL M	Ruft die Integrationsuntergrenze zurück.
Q03 RCL X	Ruft die Integrationsobergrenze zurück.
Q04 FN= F	Wählt zur Integration die Funktion, welche durch LBL F definiert ist.
Q05 JFN d D	Integration über die Hilfsvariable D .
Q06 2	
Q07 π	
Q08 x	
Q09 SQRT	
Q10 RCL× S	Berechnet $S \times \sqrt{2\pi}$.
Q11 STO T	Speichert Ergebnis für Umkehrroutine.
Q12 ÷	
Q13 +/-	
Q14 0,5	
Q15 +	Addiert die Hälfte der Fläche unter der Kurve, da der Mittelwert als Integrationsuntergrenze verwendet wurde.
Q16 RTN	Rückkehr zur aufrufenden Routine.
Prüfsumme und Länge: F79E 032,0	

F01 LBL F Dieses Unterprogramm berechnet den
 Integranden für die Funktion $e^{-((X-M)\div S)^2\div 2}$.
 F02 RCL D
 F03 RCL- M
 F04 RCL÷ S
 F05 x²
 F06 2
 F07 ÷
 F08 +/-
 F09 e^x
 F10 RTN Rückkehr zur aufrufenden Routine.
 Prüfsumme und Länge: 3DC2 015,0

Benutzte Flags: Keine

Erforderlicher Speicherplatz

155,5 Byte: 107,5 für das Programm, 48 für Daten.

Anmerkungen:

Die Genauigkeit dieses Programms hängt vom Anzeigeformat ab. Bei Eingaben im Bereich von ± 3 Standardabweichungen ist eine Anzeige von vier signifikanten Stellen für die meisten Anwendungen ausreichend. Bei voller Genauigkeit sind Eingaben im Bereich von ± 5 Standardabweichungen sinnvoll. Die Rechenzeit nimmt bei weniger angezeigten Stellen spürbar ab.

In Routine N kann "0,5" durch 2 und $\frac{1}{x}$ ersetzt werden; dies führt zur Einsparung von 6,5 Byte auf Kosten der Übersichtlichkeit.

Wenn Sie an der Umkehroutine nicht interessiert sind, können Sie beim Eintippen des Programms die Routinen I und T weglassen.

Hinweise zum Programm:

1. Tippen Sie die Routinen ein; drücken Sie zum Abschluß **(C)**.
2. Drücken Sie **(XEQ) S**.
3. Nach der Eingabeaufforderung für M ist der Mittelwert der Grundgesamtheit einzutippen und **(R/S)** zu drücken. (Ist der Mittelwert gleich Null, drücken Sie einfach **(R/S)**.)
4. Nach der Eingabeaufforderung für S ist die Standardabweichung der Grundgesamtheit einzutippen und **(R/S)** zu drücken. (Ist die Standardabweichung gleich 1, so drücken Sie einfach **(R/S)**.)
5. Um X bei gegebenem $Q(X)$ zu berechnen, fahren Sie bei Schritt 9 fort.
6. Drücken Sie **(XEQ) D** zur Berechnung von $Q(X)$ bei gegebenem X .
7. Nach der Eingabeaufforderung ist der Wert von X einzutippen und **(R/S)** zu drücken. Es wird das Ergebnis, $Q(X)$, angezeigt.
8. Um $Q(X)$ für ein neues X mit gleichem Mittelwert und gleicher Standardabweichung zu berechnen, ist **(R/S)** zu drücken und mit Schritt 7 fortzufahren.
9. Drücken Sie **(XEQ) I** zur Berechnung von X bei gegebenem $Q(X)$.
10. Nach der Eingabeaufforderung ist der Wert von $Q(X)$ einzutippen und **(R/S)** zu drücken. Es wird das Ergebnis, X , angezeigt.
11. Um X für ein neues $Q(X)$ mit gleichem Mittelwert und gleicher Standardabweichung zu berechnen, ist **(R/S)** zu drücken und mit Schritt 10 fortzufahren.

Benutzte Variablen:

<i>D</i>	Hilfsvariable für Integration.
<i>M</i>	Mittelwert für Grundgesamtheit, Vorgabewert ist Null.
<i>Q</i>	Rechtsseitige Wahrscheinlichkeit.
<i>S</i>	Standardabweichung der Grundgesamtheit, Vorgabewert ist 1.
<i>T</i>	Temporär verwendete Variable zur Weitergabe von $S \times \sqrt{2\pi}$ an die Umkehrroutine.
<i>X</i>	Eingabewert für die Zufallsvariable.

Beispiel 1:

Gehen Sie davon aus, daß die Verteilung der Intelligenz in einer Stadt mit 10.000 Einwohnern einer Glockenkurve entspricht. Bei wievielen Bewohnern der Stadt liegt der Intelligenzquotient oberhalb des "3 σ " entsprechenden Wertes? Da dieses Problem in Bezug auf Standardabweichungen ausgedrückt ist, ist für M Vorgabewert 0 und für S der Vorgabewert 1 zu verwenden.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
XEQ S	M?0,0000	Beginn der Initialisierungsroutine.
R/S	S?1,0000	Übernahme des Vorgabewertes 0 für M .
R/S	1,0000	Übernahme des Vorgabewertes 1 für S .
XEQ D	X? Wert	Beginn des Programms für die Verteilungsfunktion und Eingabeaufforderung für X .
3 R/S	Q=0,0014	Eingabe von 3 für X und Berechnung von $Q(X)$. Zeigt den Anteil der Bevölkerung mit einem IQ, der über dem 3 σ -Bereich liegt.
10000 X	13,5049	Multiplikation mit der möglichen Einwohnerzahl liefert die ungefähre Anzahl von Personen, welche dem Kriterium genügen.

Nun möchten Sie die Anzahl von Personen berechnen, welche dem Kriterium " 2σ " genügen. Beachten Sie, daß sich das Programm einfach durch Drücken von **R/S** wieder starten läßt.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
R/S	X?3,0000	Startet Programm erneut.
2 R/S	Q=0,0227	Eingabe von 2 als Wert für X und Berechnung von $Q(X)$.
10000 x	227,4937	Multiplikation mit der Anzahl aller möglichen Personen liefert die ungefähre Anzahl der Personen, welche dem revidierten Kriterium genügen.

Beispiel 2:

Der Mittelwert einer Reihe von Testergebnissen liegt bei 55 Punkten; die Standardabweichung beträgt 15,3. Unter der Annahme, daß die Glockenkurve der Normalverteilung ein adäquates Modell der Verteilung darstellt: Wie hoch wäre die Wahrscheinlichkeit, daß ein zufällig ausgewählter Student 90 Punkte erzielt? Welches Ergebnis würde nur von 10 % aller Studenten überschritten werden? Wie hoch wäre das Ergebnis, welches nur von 20 % nicht erreicht werden könnte?

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
XEQ S	M?0,0000	Startet die Initialisierungsroutine.
55 R/S	S?1,0000	Speichert 55 als Mittelwert.
15,3 R/S	15,3000	Speichert 15,3 als Standardabweichung.
XEQ D	X?Wert	Startet das Programm für die Normalverteilung und fordert zur Eingabe für X auf.
90 R/S	Q=0,0111	Eingabe von 90 für X und Berechnung von Q(X).

Daraus kann geschlossen werden, daß nur etwa 1 % aller Studenten eine höhere Punktezahl als 90 erreichen würden.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
XEQ I	Q?0,0111	Startet die Umkehroutine.
0,1 R/S	X=74,6078	Speichert 0,1 (10 %) in Q(X) und berechnet X.
R/S	Q?0,1000	Startet erneut die Umkehroutine.
0,8 R/S	X=42,1232	Speichert 0,8 (100 % minus 20 %) in Q(X) und berechnet X.

Standardabweichung von diskreten Verteilungen

Die Standardabweichung von diskret verteilten Daten, S_{xg} , ist die Standardabweichung von Datenpunkten x_1, x_2, \dots, x_n , die bei positiven ganzzahligen Häufigkeiten f_1, f_2, \dots, f_n auftreten.

$$S_{xg} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 f_i - \frac{(\sum x_i f_i)^2}{\sum f_i}}{(\sum f_i) - 1}}$$

Dieses Programm ermöglicht Ihnen die Eingabe von Daten, die Korrektur von Eingaben und die Berechnung der Standardabweichung und des gewichteten Mittels von diskret verteilten Daten.

Programmliste:

Programmzeilen:	Beschreibung:
S01 LBL S	Start des Programms für die Standardabweichung von diskret verteilten Daten.
S02 CLΣ	Löscht die Statistikregister (28 bis 33).
S03 0	
S04 STO N	Setzt die Zählvariable N auf Null.
Prüfsumme und Länge: 104F 006,0	
I01 LBL I	Eingabe (Input) der statistischen Datenpunkte.
I02 INPUT X	Speichert einen Datenpunkt in X .
I03 INPUT F	Speichert die zugehörige Häufigkeit in F .
I04 1	Erhöhung des Wertes von N .
I05 RCL F	Ruft die Häufigkeit f_i der Datenpunkte zurück.
Prüfsumme und Länge: 4060 007,5	
F01 LBL F	Akkumulierung in den Summenregistern.
F02 28	
F03 STO i	Speichert Index für das Register 28.
F04 R↓	
F05 STO+(i)	Aktualisiert Σf_i in Register 28.
F06 RCL× X	$x_i f_i$.
F07 29	
F08 STO i	Speichert Index für das Register 29.
F09 R↓	
F10 STO+(i)	Aktualisiert $\Sigma x_i f_i$ in Register 29.
F11 RCL× X	$x_i^2 f_i$.
F12 31	
F13 STO i	Speichert Index für das Register 31.
F14 R↓	
F15 STO+(i)	Aktualisiert $\Sigma x_i^2 f_i$ in Register 31.
F16 x<>y	Holt 1 ins x -Register (oder -1 , wenn vorher die Korrekturroutine durchlaufen wurde).
F17 STO+ N	Erhöht (oder erniedrigt) N .
F18 RCL N	
F19 VIEW N	Zeigt die momentane Anzahl der Datenpaare an.
F20 GTO I	Springt zum Label I für die nächste Dateneingabe.
Prüfsumme und Länge: 214E 030,0	

G01 LBL G	Statistische Berechnungen für diskret verteilte Daten.
G02 s_x	Standardabweichung für diskret verteilte Daten.
G03 STO S	
G04 VIEW S	Zeigt die Standardabweichung für diskret verteilte Daten an.
G05 \bar{x}	Gewichtetes Mittel.
G06 STO M	
G07 VIEW M	Zeigt das gewichtete Mittel an.
G08 GTO I	Springt zurück zur Eingabe weiterer Daten.
Prüfsumme und Länge: 4A4A 012,0	
U01 LBL U	Berichtigen (Undo) eines Fehlers bei der Dateneingabe.
U02 -1	Negative Schrittweite für N .
U03 RCL F	Ruft die letzte Häufigkeit zurück.
U04 +/-	Wechselt das Vorzeichen von f_i .
U05 GTO F	Berichtigt die Zählvariable und die Summe.
Prüfsumme und Länge: 615A 015,5	

Benutzte Flags:

Keine.

Erforderlicher Speicherplatz:

143 Byte: 71 für das Programm, 72 für Daten.

Hinweise zum Programm:

1. Geben Sie die Programmroutinen ein; drücken Sie zum Abschluß **(C)**.
2. Drücken Sie **(XEQ)** S, um die Eingabe neuer Daten vorzubereiten.
3. Geben Sie den x_i -Wert (Datenpunkt) ein und drücken Sie **(R/S)**.
4. Geben Sie den f_i -Wert (Häufigkeit) ein und drücken Sie **(R/S)**.
5. Es wird nun die Anzahl der eingegebenen Werte angezeigt. Drücken Sie **(R/S)** zur Bestätigung.

Wenn Sie bemerken, daß Sie einen Eingabefehler gemacht haben (bei x_i oder f_i), so drücken Sie **(XEQ)** U nach dem Drücken der Taste **(R/S)** in Schritt 4 und dann wieder **(R/S)**. Gehen Sie dann zu Schritt 3 zurück und geben Sie die richtigen Daten ein.

6. Wiederholen Sie die Schritte 3 bis 5 für jeden Datenwert.
7. Wenn das letzte Datenpaar eingegeben ist, drücken Sie **(XEQ)** G, um die Standardabweichung der diskret verteilten Daten zu bestimmen und anzuzeigen.
8. Nach Drücken der Taste **(R/S)** wird das gewichtete Mittel der diskret verteilten Daten angezeigt.
9. Um weitere Datenpunkte hinzuzufügen, drücken Sie **(R/S)** und machen weiter mit Schritt 3.

Wenn Sie mit einer neuen Aufgabe beginnen wollen, starten Sie bei Schritt 2.

Benutzte Variablen:

X	Datenpunkt.
F	Häufigkeit des Datenpunkts.
N	Zähler für Datenpaare.
S	Standardabweichung der diskreten Verteilung.
M	Gewichtetes Mittel.
i	Indexvariable verwendet zur indirekten Adressierung der richtigen Statistikregister.
Register 28	Σf_i .
Register 29	$\Sigma x_i f_i$.
Register 31	$\Sigma x_i^2 f_i$.

Beispiel:

Geben Sie die folgenden Daten ein und berechnen Sie die Standardabweichung der diskreten Verteilung.

Guppe	1	2	3	4	5	6
x_i	5	8	13	15	22	37
f_i	17	26	37	43	73	115

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
XEQ S	X? Wert	Eingabeaufforderung für das erste x_i .
5 R/S	F? Wert	Speichert 5 in X; Eingabeaufforderung für das erste f_i .
17 R/S	N=1,0000	Speichert 17 in F; Anzeige des Eingabezählers.
R/S	X?5,0000	Eingabeaufforderung für das zweite x_i .
8 R/S	F?17,0000	Eingabeaufforderung für das zweite f_i .
26 R/S	N=2,0000	Anzeige des Eingabezählers.
R/S	X?8,0000	Eingabeaufforderung für das dritte x_i .
14 R/S	F?26,0000	Eingabeaufforderung für das dritte f_i .
37 R/S	N=3,0000	Anzeige des Eingabezählers.
<p>Sie haben fälschlicherweise für x_3 14 anstatt 13 eingegeben. Machen Sie die Eingabe rückgängig durch Aufruf der Routine U:</p>		
XEQ U	N=2,0000	Entfernt das fehlerhafte Datenpaar und zeigt den berichtigten Eingabezähler an.
R/S	X?14,0000	Eingabeaufforderung für neues drittes x_i .
13 R/S	F?37,0000	Eingabeaufforderung für neues drittes f_i .

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
(R/S)	N=3,0000	Anzeige des Eingabezählers.
(R/S)	X?13,0000	Eingabeaufforderung für das vierte x_i .
15 (R/S)	F?37,0000	Eingabeaufforderung für das vierte f_i .
43 (R/S)	N=4,0000	Anzeige des Eingabezählers.
(R/S)	X?15,0000	Eingabeaufforderung für das fünfte x_i .
22 (R/S)	F?43,0000	Eingabeaufforderung für das fünfte f_i .
73 (R/S)	N=5,0000	Anzeige des Eingabezählers.
(R/S)	X?22,0000	Eingabeaufforderung für das sechste x_i .
37 (R/S)	F?73,0000	Eingabeaufforderung für das sechste f_i .
115 (R/S)	N=6,0000	Anzeige des Eingabezählers.
(XEQ) G	S=11,4118	Berechnet und zeigt die Standardabweichung der diskreten Verteilung (s_x) der sechs Datenpunkte an.
(R/S)	M=23,4084	Berechnet und zeigt das gewichtete Mittel an (\bar{x}).
(C)	23,4084	Löscht die durch VIEW erzeugte Darstellung.

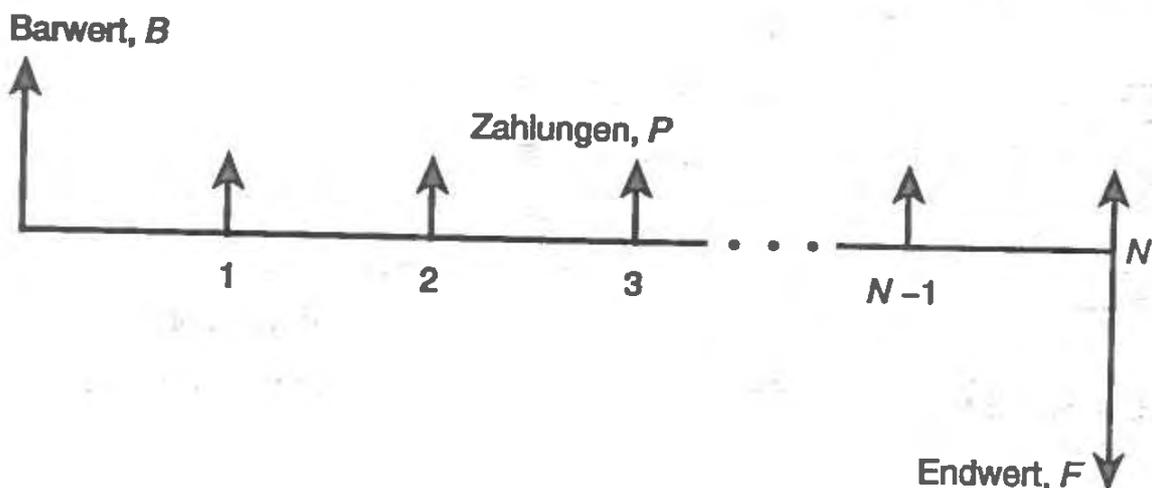
Sonstige Programme

Annuitätenrechnung (TVM)

Sind die Werte von vier der fünf Variablen in der TVM-Gleichung (*Time-Value of Money*) bekannt, so können Sie über dieses Programm die fünfte Variable berechnen. Das Programm dient verschiedenen Aufgaben im finanzmathematischen Bereich, wie z.B. der Berechnung von Hypothekendarlehen, Sparplänen oder Anschaffungskrediten.

Die Gleichung zur Lösung obiger Aufgabenstellungen ist:

$$P \left[\frac{1 - (1 + I/100)^{-N}}{I/100} \right] + F (1 + (I/100))^{-N} + B = 0$$



Die Vorzeichen der Variablen (Barwert/*Balance B*; Zahlung/*Payment P*; Endwert/*Future value F*) entsprechen der Richtung des Geldflusses. Zufließende Beträge haben ein positives Vorzeichen, abfließende Beträge haben ein negatives Vorzeichen. Beachten Sie, daß jedes Problem vom Standpunkt des Kreditgebers oder des Kreditnehmers betrachtet werden kann. Wechsel des Standpunktes bedeutet Umkehrung des Vorzeichens.

Gleichungseingabe:

Geben Sie die folgende Gleichung ein:

$$P \times 100 \times (1 - (1 + I \div 100)^{-N}) \div I + F \times (1 + I \div 100)^{-N} + B$$

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow (EQN)	EQN LIST TOP oder momentane Gleichung.	Wählt den Gleichungs- eingabe-Modus.
(RCL) P (x) 100	Px 100_	Beginn der Gleichungseingabe.
(x) \rightarrow () 1 (-)	Px100x(1-█	
\rightarrow () 1 (+)	x100x(1-(1+█	
(RCL) I (\div) 100	1-(1+I \div 100_	
\rightarrow () (y^x)	-(1+I \div 100)^█	
(-) (RCL) N \rightarrow ()	+I \div 100)^-N)█	
(\div) (RCL) I (+)	0)^-N) \div I+F█	
(RCL) F (x)		
\rightarrow () 1 (+) (RCL) I	N) \div I+F█x(1+I█	
(\div) 100 \rightarrow ()	F█x(1+I \div 100)█	
(y^x) (-) (RCL) N	1+I \div 100)^-N█	
(+) (RCL) B	I \div 100)^-N+B█	
(ENTER)	Px100x(1-(1+	Ende der Gleichungseingabe.
\rightarrow (SHOW) (gedrückt halten)	CK=45C4 054,0	Prüfsumme und Länge.

Speicherbedarf:

94 Byte: 54 Byte für die Gleichung, 40 Byte für Variablen.

Anmerkungen:

In der TVM-Gleichung darf der Wert von I nicht gleich Null sein, um die unzulässige "Division durch 0" auszuschließen. Wenn Sie I berechnen und nicht sicher sind, daß der momentane Wert nicht gleich Null ist, drücken Sie 1 $\boxed{\text{STO}}$ I vor der Ausführung der Funktion SOLVE ($\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\text{SOLVE}}$ I).

Die Reihenfolge, mit der Sie zur Eingabe von Werten aufgefordert werden, hängt ab von der Variablen, nach der Sie auflösen wollen.

SOLVE-Anweisungen:

1. Wenn Sie als *erste* TVM-Berechnung die Berechnung des Zinssatzes I durchführen wollen, drücken Sie 1 $\boxed{\text{STO}}$ I .
2. Drücken Sie $\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\text{EQN}}$. Falls nötig, drücken Sie $\boxed{\leftarrow}$ $\boxed{\blacktriangle}$ oder $\boxed{\leftarrow}$ $\boxed{\blacktriangledown}$, um die Gleichungsliste durchzublättern, bis Sie zur TVM-Gleichung kommen.
3. Führen Sie eine der folgenden fünf Operationen durch:
 - a. Drücken Sie $\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\text{SOLVE}}$ N zur Berechnung der Anzahl der Verzinsungsperioden.
 - b. Drücken Sie $\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\text{SOLVE}}$ I zur Berechnung des Zinssatzes je Periode.

Für den Fall der monatlichen Tilgung ist der für I berechnete Wert gleich dem *monatlichen* Zinssatz i ; multiplizieren Sie mit 12 ($12 \boxed{\times}$), um den Jahreszinssatz zu erhalten.
 - c. Durch Drücken von $\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\text{SOLVE}}$ B erhalten Sie den Barwert eines Kredits oder einer Spareinlage.
 - d. Mit den Tasten $\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\text{SOLVE}}$ P berechnen Sie die Ratenzahlungen.
 - e. Drücken Sie $\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\text{SOLVE}}$ F zur Berechnung des Endwerts bzw. der Restschuld eines Darlehens.
4. Geben Sie die Werte für die vier bekannten Variablen in der geforderten Reihenfolge ein; drücken Sie $\boxed{\text{R/S}}$ nach jedem Wert.
5. Nach dem letzten $\boxed{\text{R/S}}$ wird der Wert der unbekannt Variablen berechnet und angezeigt.

6. Wenn Sie eine neue Variable oder dieselbe unter Verwendung anderer Werte berechnen wollen, gehen Sie zu Schritt 2 zurück.

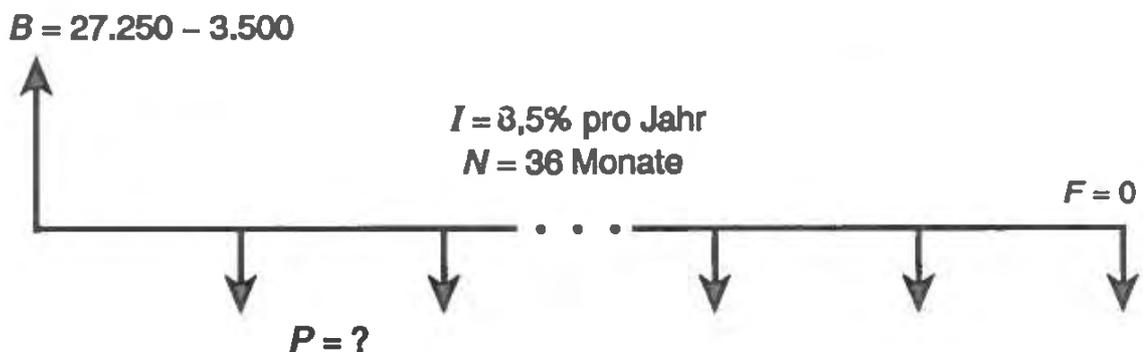
SOLVE benötigt hier keine Anfangsnäherungen.

Benutzte Variablen:

- N Die Anzahl der Verzinsungsperioden.
- I Der *periodische* Zinssatz als Prozentsatz. (Wenn zum Beispiel der *jährliche* Zinssatz 15% beträgt und es werden 12 Raten pro Jahr gezahlt, ist der *periodische* Zinssatz i gleich $15 \div 12 = 1,25\%$.)
- B Der Barwert des Darlehens oder der Spareinlage.
- P Die periodische Zahlung (Rate).
- F Der Endwert der Spareinlage oder die Restschuld eines Darlehens.

Beispiel:

Autokredit – Teil 1. Sie erhalten von Ihrem Autohändler einen Kredit mit 3 Jahren Laufzeit und einem jährlichen Zinssatz von 8,5 % (bei monatlicher Zinsverrechnung) zum Kauf eines Autos angeboten. Der Kaufpreis des Neuwagens beträgt DM 27.250,- wobei Ihr altes Gefährt noch mit DM 3.500 in Zahlung genommen würde. Wie hoch sind Ihre monatlichen Zahlungen? (Gehen Sie davon aus, daß die Rückzahlung einen Monat nach dem Kauf beginnen soll – also am *Ende* der ersten Zahlungsperiode).



Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\leftarrow [DISP] {FX} 2		Stellt das Anzeigeformat auf FIX 2 ein.
\rightarrow [EQN] (\leftarrow ∇) falls nötig)	$P \times 100 \times (1 - (1 +$	Der Beginn der TVM-Gleichung steht in der Anzeige.
\rightarrow [SOLVE] P	I? Wert	Wählt P als unbekannte Variable; SOLVE erwartet Wert für I .
8,5 [ENTER] 12 \div	I? 0,71	Wandelt Jahreszinssatz in entsprechenden Monatszinssatz um.
[R/S]	N? Wert	Speichert 0,71 (Monatszinssatz) in I ; erwartet Wert für N .
36 [R/S]	F? Wert	Speichert 36 in N ; erwartet Wert für F .
0 [R/S]	B? Wert	Speichert Null in F (Endwert); erwartet Wert für B .
27250 [ENTER] 3500 $-$	B? 23.750,00	Berechnet B , die Höhe des erforderlichen Kredits.
[R/S]	SOLVING P=-749,73	Speichert 23.750 in B ; berechnet die monatliche Zahlung (Rate) P .

Das Ergebnis hat ein negatives Vorzeichen, da das Problem aus der Sicht des Kreditnehmers behandelt wurde. Der gewährte Kredit hat ein positives Vorzeichen (Barwert), die monatlichen Raten hingegen haben ein negatives Vorzeichen.

Teil 2. Welcher Zinssatz wäre erforderlich, um die monatlichen Zahlungen um DM 30 zu senken?

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow (EQN)	$P \times 100 \times (1 - (1 +$	Der Beginn der TVM-Gleichung steht in der Anzeige.
\rightarrow (SOLVE) I	$P ? - 749,73$	Wählt I als unbekannt Variable; SOLVE erwartet Wert für P.
\leftarrow (RND)	$P ? - 749,73$	Rundet die Zahlung auf zwei Dezimalstellen.
30 (+)	$P ? - 719,73$	Berechnet die neue Zahlung.
(R/S)	$N ? 36,00$	Speichert $-719,73$ in P; erwartet Wert für N.
(R/S)	$F ? 0,00$	Wert 36 in N bleibt gleich; erwartet Wert für F.
(R/S)	$B ? 23.750,00$	Wert 0 in F bleibt gleich; erwartet Wert für B.
(R/S)	SOLVING $I = 0,48$	Wert 23.750 in B bleibt gleich; berechnet den monatlichen Zinssatz.
12 (x)	5,74	Berechnet den Jahreszinssatz.

Teil 3. Es soll die Restschuld nach 2 Jahren bei dem soeben ermittelten Zinssatz von 5,74 % berechnet werden. Beachten Sie, daß der aus Teil 2 übernommene Zinssatz *I nicht Null* ist, es kann also kein Fehler DIVIDE BY 0 auftreten, wenn Sie das neue *I* berechnen.

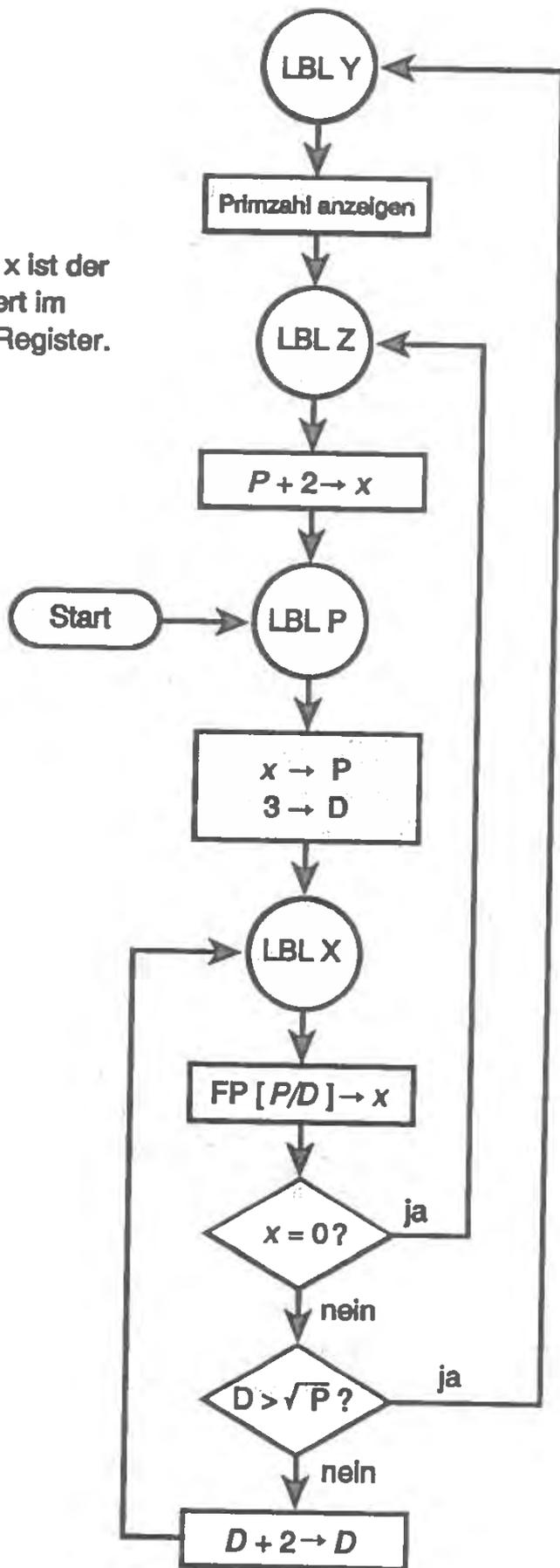
Tastenfolge:	Anzeige	Beschreibung:
 EQN	$P \times 100 \times (1 - (1 +$	Der Beginn der TVM-Gleichung steht in der Anzeige.
 SOLVE F	P? -719,73	Wählt F als unbekannte Variable; erwartet Wert für P.
R/S	I? 0,48	Wert in P (Monatsrate) bleibt gleich; erwartet Wert für I.
R/S	N? 36,00	Wert 0,48 in I bleibt gleich; erwartet Wert für N.
24 R/S	B? 23.750,00	Speichert 24 in N; erwartet Wert für B.
R/S	SOLVING F = -8.374,09	Wert 23.750 in B bleibt gleich; berechnet F, den Endwert des Kredits. Wieder ist das Vorzeichen negativ, weil Sie das Geld ja bezahlen müssen.
 DISP {FX} 4		Setzt das Anzeigeformat auf FIX 4.

Primzahlgenerator

Dieses Programm erwartet als Eingabe eine ungerade Zahl größer als 3. Wurde eine Primzahl eingegeben (nicht ohne Rest durch ganze Zahl teilbar, außer durch sich selbst und 1), so gibt das Programm den Eingabewert zurück. Handelt es sich nicht um eine Primzahl, dann zeigt das Programm die erste Primzahl an, welche größer als der Eingabewert ist.

Das Programm testet, ob es sich bei einer Zahl um eine Primzahl handelt, indem es sie durch alle möglichen Faktoren zu teilen versucht. Falls die Zahl teilbar ist, wird sie um 2 erhöht (so daß sich wieder eine ungerade Zahl ergibt), und der Test wird erneut durchgeführt. Dieser Ablauf wird solange wiederholt, bis eine Primzahl gefunden ist.

Hinweis: x ist der Wert im X-Register.



Programmliste:

Programmzeilen:	Beschreibung:
Y01 LBL Y	Diese Routine zeigt die Primzahl P an.
Y02 VIEW P	
Prüfsumme und Länge: 5D0B 003,0	
Z01 LBL Z	Diese Routine addiert 2 zu P , bevor geprüft wird, ob P eine Primzahl ist.
Z02 2	
Z03 RCL+ P	
Prüfsumme und Länge: 0C68 004,5	
P01 LBL P	Diese Routine speichert den Eingabewert für P .
P02 STO P	
P03 2	
P04 ÷	
P05 FP	
P06 0	
P07 $x=y?$	Prüft, ob der Eingabewert <i>gerade</i> ist.
P08 1	
P09 STO+ P	Erhöht den Wert von P , wenn der Eingabewert eine gerade Zahl ist.
P10 3	Speichert 3 im Testdivisor D .
P11 STO D	
Prüfsumme und Länge: 40BA 016,5	
X01 LBL X	Diese Routine prüft, ob P eine Primzahl ist.
X02 RCL P	
X03 RCL÷ D	
X04 FP	Ermittelt den Rest von $P \div D$ und prüft, ob er gleich Null ist (Zahl keine Primzahl).
X05 $x=0?$	Liegt keine Primzahl vor, so wird die nächste Möglichkeit geprüft.
X06 GTO Z	
X07 RCL P	
X08 SQRT	
X09 RCL D	
X10 $x>y?$	Überprüfung, ob alle möglichen Faktoren ausprobiert wurden.

X11 GTO Y	Wurden alle Faktoren ausprobiert, wird zur Anzeigeroutine verzweigt.
X12 2	Berechnet den nächsten möglichen Faktor, $D + 2$.
X13 STO+ D	
X14 GTO X	Verzweigt zum Prüfen der potentiellen Primzahl mit dem neuen Faktor.

Prüfsumme und Länge: 061F 021,0

Benutzte Flags:

Keine.

Erforderlicher Speicherplatz:

50,5 Byte: 34,5 Programm, 16 für Variablen.

Hinweise zum Programm:

1. Tippen Sie die Routinen ein; drücken Sie zum Abschluß **(C)**.
2. Tippen Sie eine ungerade Zahl ein, die größer ist als 3.
3. Drücken Sie **(XEQ)** P zum Start des Programms. Es wird die erste Primzahl angezeigt.
4. Wenn Sie die nächste Primzahl finden möchten, so drücken Sie **(R/S)**.

Benutzte Variablen:

P	Primzahl und potentielle Primzahlenwerte.
D	Divisor, welcher zum Prüfen des momentanen Wertes P benutzt wird.

Anmerkungen:

Es wird nicht geprüft, ob die eingegebene Zahl größer ist als 3.

Beispiel:

Welches ist die erste Primzahl nach 789? Welches ist die darauf folgende Primzahl?

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
789 (XEQ) P	P=797,0000	Eintippen von 789 und Starten des Programms; Anzeige der ersten Primzahl nach 789.
(R/S)	P=809,0000	Berechnet die nächste Primzahl nach 797.

Teil 3

Anhang und Stichwortverzeichnis



Kundenunterstützung, Batterien und Service

Unterstützung bei der Anwendung des Rechners

Alle Fragen, die bei der Arbeit mit Ihrem Taschenrechner auftauchen, beantworten Ihnen die Mitarbeiter unserer Abteilung für Kundenbetreuung. Nach unserer Erfahrung haben viele Kunden gleiche oder ähnliche Fragen zu unseren Produkten; aus diesem Grund haben wir den folgenden Abschnitt "Antworten auf häufige Fragen" in das Handbuch aufgenommen. Wenn Sie hier keine Antwort finden, können Sie Ihre Fragen auch schriftlich oder telefonisch an uns richten. Unsere Anschrift und die Rufnummer finden Sie hinten in diesem Handbuch auf der Innenseite des Einbandes.

Antworten auf häufige Fragen

F: Wie kann man überprüfen, ob der Rechner einwandfrei funktioniert?

A: Führen Sie den Selbsttest des Rechners durch, wie es auf Seite A-5 beschrieben ist.

F: Die angezeigten Zahlenwerte enthalten einen Punkt als Dezimalzeichen. Wie kann ich das Komma als Dezimalzeichen wählen?

A: Verwenden Sie die Funktion  **MODES** {, } (Seite 1-18).

F: Wie kann ich die Anzahl der angezeigten Dezimalstellen verändern?

A: Verwenden Sie das Menü  **DISP** (Seite 1-18).

F: Wie lösche ich den gesamten Speicher oder Teilbereiche davon?

A: Mit Hilfe von  **CLEAR** können Sie das Menü CLEAR aufrufen, welches das Löschen aller Variablen, aller Programme (nur im Programmeingabe-Modus), der Statistikregister oder des gesamten Speicherbereichs ermöglicht (nicht während der Programmeingabe).

F: Welche Bedeutung hat das "E" in einer Zahl (z.B. $2.51E^{-13}$)?

A: Die Zahl wird in wissenschaftlicher oder technischer Notation angezeigt. "E" bedeutet dabei *Exponent* von 10, d.h. das Beispiel ist gleichbedeutend mit $2,51 \times 10^{-13}$.

F: Der Rechner zeigt die Meldung MEMORY FULL an. Was ist zu tun?

A: Sie müssen einen Teil des Speichers löschen, bevor Sie Ihre Operationen fortsetzen können (siehe Anhang B).

F: Warum ergibt die Berechnung des Sinus π eine sehr kleine Zahl anstelle von Null?

A: Aufgrund der 12stelligen Genauigkeit des Rechners kann π nicht *exakt* dargestellt werden.

F: Warum erhalte ich falsche Resultate beim Benutzen der trigonometrischen Funktionen?

A: Wahrscheinlich, weil Sie nicht den richtigen Winkelmodus eingestellt haben – verwenden Sie dazu  **MODES** {DG}, {RD} oder {GR}.

F: Was bedeutet das kleine Symbol in der Anzeige?

A: Das Symbol wird als *Indikator* bezeichnet und kennzeichnet einen besonderen Status des Rechners. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter der Überschrift "Indikatoren" im Kapitel 1.

F: Die Zahlen werden als Brüche dargestellt. Wie kann ich auf die Dezimaldarstellung umschalten?

A: Drücken Sie  **FDISP**.

Umgebungsbedingungen

Damit Ihr Rechner zuverlässig und fehlerfrei arbeitet, sollten Sie folgende Grenzwerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit einhalten:

- Betriebstemperatur: 0 bis 45°C
- Lagerungstemperatur: -20 bis 65°C
- Luftfeuchtigkeit für Betrieb und Lagerung: 90% relative Luftfeuchtigkeit bei max. 40°C

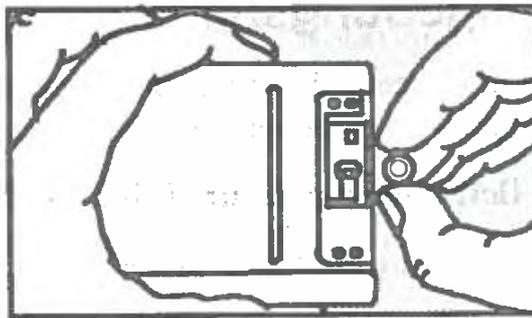
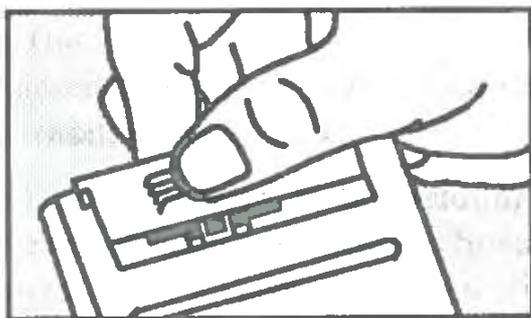
Auswechseln der Batterien

Wenn der Rechner eine sinkende Batteriespannung erkennt ( wird angezeigt), sollten Sie die Batterien so bald wie möglich ersetzen.

Wenn Sie den Rechner weiterhin benutzen und die Batteriespannung unter einen Mindestwert fällt, sind die Anzeigequalität sowie die sichere Speicherung Ihrer Daten beeinträchtigt. Sollte die Spannung bereits soweit abgefallen sein, daß ein Datenverlust eingetreten ist, so erscheint die Meldung MEMORY CLEAR.

Sind die Batterien entfernt worden, so muß innerhalb von zwei Minuten der neue Batteriesatz eingesetzt werden, wenn kein Datenverlust erfolgen soll. Die neuen Batterien sollten deshalb griffbereit sein, bevor Sie die alten entnehmen. Verwenden Sie keine wiederaufladbaren Batterien. Außerdem muß der Rechner während des gesamten Vorgangs ausgeschaltet sein.

1. Halten Sie die drei neuen Batterien griffbereit. Fassen Sie die Batterien nur seitlich an – berühren Sie nicht die beiden Pole.
2. Vergewissern Sie sich, daß der Rechner ausgeschaltet ist. Drücken Sie nicht (), bevor das Austauschen der Batterien abgeschlossen ist. Wird der Rechner vorher eingeschaltet, so kann dies die Löschung des Speichers zur Folge haben.
3. Halten Sie den Rechner wie abgebildet. Um die Abdeckung des Batteriefachs abzunehmen, drücken Sie diese nach unten und schieben Sie sie nach außen, bis sie abgenommen werden kann.



4. Drehen Sie den Rechner um und schütteln Sie ihn etwas, damit die Batterien herausfallen.

Warnung

Beschädigen Sie die Batterien nicht und werfen Sie sie nicht ins Feuer. Die Batterien könnten explodieren und gefährliche Chemikalien freisetzen.

5. Setzen Sie die drei neuen Batterien wie abgebildet ein. Die erforderliche Polarität ist auf der Innenseite des Batteriefachs abgebildet.
6. Schieben Sie die Abdeckung des Batteriefachs wieder in die vorgesehene Führung im Rechnergehäuse (siehe Abbildung).

Testen der Rechnerfunktion

Die folgende Anleitung zeigt Ihnen, wie Sie die Funktionsfähigkeit des Rechners überprüfen können. Testen Sie nach jedem Schritt, ob der Rechner bereits wieder korrekt arbeitet. Wenn der Rechner repariert werden muß, beachten Sie den Abschnitt "Im Reparaturfall" auf Seite A-8.

- **Wenn nach dem Einschalten die Anzeige leer bleibt, dann führen Sie die Schritte 1-4, und wenn der Rechner nicht auf Tastendruck reagiert, die Schritte 1-3 durch:**
 1. Versuchen Sie, den Rechner zurückzusetzen. Halten Sie die Taste **(C)** gedrückt, und betätigen Sie die Taste **(LN)**. Es kann sein, daß Sie diese Funktion mehrmals wiederholen müssen.
 2. Löschen Sie den Speicherbereich. Drücken Sie zugleich die Tasten **(C)**, **(\sqrt{x})** und **($\Sigma+$)**. Damit löschen Sie den Speicherbereich, und die Meldung MEMORY CLEAR erscheint nach dem Loslassen der drei Tasten in der Anzeige.
 3. Entnehmen Sie die Batterien (siehe "Auswechseln der Batterien") und schließen Sie die Batteriekontakte im Rechner kurz (z.B. mit einer Münze). Setzen Sie anschließend die Batterien wieder ein und schalten Sie den Rechner ein. Es sollte MEMORY CLEAR angezeigt werden.
 4. Setzen Sie neue Batterien ein (siehe "Auswechseln der Batterien")
 5. Führen diese Schritte nicht zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit, so ist eine Reparatur des Rechners erforderlich.
- **Wenn der Rechner auf das Drücken von Tasten reagiert, Sie aber eine Funktionsstörung vermuten:**
 1. Starten Sie den Selbsttest (nachstehend beschrieben). Endet der Test mit einer Fehlermeldung, so ist eine Reparatur erforderlich.
 2. Wenn der Selbsttest fehlerfrei abgeschlossen wird, haben Sie den Rechner unter Umständen nicht korrekt bedient. Lesen Sie nochmals die entsprechenden Teile des Handbuchs sowie den Abschnitt "Antworten auf häufige Fragen" auf Seite A-1.
 3. Sie können sich zur weiteren Unterstützung an Hewlett-Packard wenden. Anschrift und Telefonnummer finden Sie auf der Innenseite des Rückumschlags.

Der Selbsttest

Läßt sich die Anzeige einschalten, funktioniert jedoch der Rechner anscheinend nicht ordnungsgemäß, so können Sie zur Diagnose einen Selbsttest starten. Gehen Sie wie folgt vor:

1. Zum Start des Selbsttests müssen Sie die Tasten **C** und **y^x** gleichzeitig betätigen.
2. Drücken Sie irgendeine Taste achtmal und beachten Sie dabei das Muster in der Anzeige. Nachdem die Taste zum 8. Mal gedrückt wurde, erscheint temporär die Meldung **COPR. HP 87,90** und danach **KBD 01**. Dies bedeutet, daß der Rechner zum Testen des Tastenfelds bereit ist.
3. Beginnen Sie in der linken oberen Ecke (**√x**), von links nach rechts vorgehend, und drücken Sie jede Taste in der jeweiligen Reihe. Gehen Sie danach zur darunterliegenden Zeile usw., bis Sie jede Taste gedrückt haben.
 - Wurden die Tasten in der richtigen Reihenfolge gedrückt und liegt keine Funktionsstörung vor, so zeigt der Rechner **KBD** an, gefolgt von einer zweistelligen hexadezimalen Zahl.
 - Wurde die Reihenfolge nicht eingehalten oder funktioniert eine Taste nicht einwandfrei, so wird nach dem nächsten Tastendruck eine Fehlermeldung angezeigt (siehe Schritt 4).
4. Am Ende zeigt der Selbsttest eine der zwei nachstehenden Meldungen an:
 - Anzeige von **32SII-OK**, wenn der Test erfolgreich abgeschlossen wurde. Gehen Sie zu Schritt 5 über.
 - Anzeige von **32SII-FAIL**, gefolgt von einer einstelligen Zahl, wenn ein Fehler vorliegt. Wurde die Meldung aufgrund der falschen Tastenreihenfolge erzeugt, müssen Sie den Rechner zurücksetzen (Tasten **C** und **LN** gleichzeitig betätigen) und den Selbsttest erneut starten. Wurde die Meldung nicht durch einen Bedienungsfehler verursacht, dann ist der Selbsttest zu wiederholen, um das Ergebnis zu verifizieren. Bestätigt sich die Fehlerbedingung, so ist eine Reparatur erforderlich (siehe Seite A-8). Legen Sie ein "Protokoll" der Fehlermeldung bei, wenn Sie den Rechner zur Reparatur einsenden.

5. Um den Selbsttest abzubrechen, ist der Rechner zurückzusetzen (C) gedrückt halten, während (LN) betätigt wird).

Durch gleichzeitiges Betätigen der Tasten (1/x) und (C) starten Sie einen fortlaufenden Selbsttest, der bei der Fertigung und bei Reparaturen verwendet wird. Sie können den Test durch Drücken von (C) abbrechen.

Einjährige Gewährleistungsfrist

Gewährleistungsumfang

Hewlett-Packard gewährleistet, daß der Rechner frei von Material- und Verarbeitungsfehlern ist. Die Garantiezeit beginnt beim Kaufdatum und beträgt ein Jahr. Während dieser Zeit verpflichtet sich Hewlett-Packard, etwaige fehlerhafte Teile kostenlos instandzusetzen oder auszutauschen, wenn der Rechner direkt oder über einen autorisierten Vertragshändler an Hewlett-Packard eingeschickt wird. (Der Ersatzrechner kann ein neueres Modell mit gleichwertiger oder besserer Funktionalität sein.) Versandkosten bis zur Auslieferung bei einem Hewlett-Packard Service-Zentrum gehen zu Ihren Lasten, unabhängig davon, ob sich das Gerät noch in der Garantiezeit befindet oder nicht. Wenn Sie den Rechner verkaufen oder verschenken, so wird die Gewährleistung automatisch auf den neuen Eigentümer übertragen und bezieht sich weiterhin auf das ursprüngliche Kaufdatum.

Gewährleistungsausschluß

Batterien sowie durch Batterien verursachte Schäden sind von der Gewährleistung durch Hewlett-Packard nicht erfaßt. Bitte beachten Sie die Garantiebedingungen des Batterieherstellers.

Die von Hewlett-Packard angebotene Gewährleistung gilt nicht für Schäden, die durch unsachgemäßen Betrieb entstanden sind. Der Ausschluß gilt ebenso, wenn Modifikationen oder Servicearbeiten nicht durch ein von Hewlett-Packard autorisiertes Reparaturzentrum durchgeführt wurden.

Es gibt keinen weiteren Gewährleistungsumfang. Die Einleitung der erforderlichen Reparatur- oder Ersatzleistungen ist ausschließlich dem Kunden überlassen. **Weitergehende Ansprüche, insbesondere auf Ersatz von Folgeschäden, können nicht geltend gemacht werden.** Dies gilt nicht, soweit eine gesetzliche Verpflichtung zur Haftung besteht.

Im Reparaturfall

Hewlett Packard unterhält in den meisten Ländern der Welt Reparaturzentren. Diese Zentren reparieren Ihren Rechner oder ersetzen ihn durch ein gleich- oder höherwertiges Modell, unabhängig vom Garantiefall. Nach der Garantiezeit von einem Jahr werden Reparaturkosten berechnet. Reparatur und Rücksendung erfolgen normalerweise innerhalb von 5 Arbeitstagen.

- **In Europa:** Sofern Sie sich in der BRD aufhalten, können eine der Adressen auf der Innenseite des Rückumschlags verwenden. Die Anschrift der europäischen Zentrale finden Sie nachstehend. *Nehmen Sie zuerst Kontakt mit Hewlett-Packard auf, bevor Sie Ihren Rechner zur Reparatur einschicken.*

Hewlett-Packard S.A.
150, Route du Nant-d'Avril
P.O. Box CH 1217 Meyrin 2
Schweiz
Tel: 022 (82 81 11)

■ In den USA:

Hewlett-Packard
Calculator Service Center
1030 N.E. Circle Blvd
Corvallis, OR 97330 USA
Tel: (503) 757 2002

- In anderen Ländern: Nehmen Sie Kontakt mit der nächstgelegenen Hewlett-Packard-Geschäftsstelle auf, um die korrekte Anschrift eines Reparaturzentrums zu erfahren.

Reparaturkosten

Für Reparaturen nach der Garantiezeit wird eine Reparaturkostenpauschale erhoben. Diese schließt sämtliche Arbeits- und Materialkosten mit ein. In der BRD unterliegt die Pauschale der Mehrwertsteuer. Sämtliche Steuern werden auf der Rechnung getrennt ausgewiesen.

Die Reparaturkostenpauschale deckt nicht die Reparatur von Rechnern, welche durch Gewalteinwirkung oder Fehlbedienung zerstört wurden. In diesem Fall werden die Reparaturkosten individuell nach Arbeits- und Materialaufwand festgesetzt.

Versandanweisungen

Wenn Ihr Rechner repariert werden muß, senden Sie ihn bitte mit folgenden Unterlagen ein:

- Vollständige Absenderangabe.
- Fehlerbeschreibung. Wenn der Verpackung Ihres Rechners eine Servicekarte beigelegt war, können Sie diese zur Angabe der entsprechenden Informationen verwenden.
- Die Rechnung oder einen anderen Kaufbeleg, wenn die einjährige Garantiezeit noch nicht abgelaufen ist.
- Einen Reparaturauftrag sowie einen Scheck oder ihre Kreditkartennummer mit Ablaufdatum (Visa oder MasterCard) zur Deckung der Reparaturkostenpauschale, wenn die Garantiezeit bereits abgelaufen ist. In den USA und einigen anderen Ländern kann der Rechner auch per Nachnahme zurückgeschickt werden, wenn Sie nicht im voraus zahlen.

- Der Rechner und die erforderlichen Begleitinformationen sollten in der Originalverpackung oder einer geeigneten Schutzverpackung versandt werden, um Transportschäden zu vermeiden. Solche Transportschäden werden durch die einjährige Garantiezeit nicht abgedeckt; der Versand zum Reparaturzentrum erfolgt auf Ihre Gefahr, wobei Hewlett-Packard Ihnen zu einer Transportversicherung rät.

Alle Versand- und Zollkosten gehen zu Lasten des Kunden.

Gewährleistung bei Reparaturen

Für eine Reparatur außerhalb der Garantiezeit leistet Hewlett-Packard eine Garantie von 90 Tagen ab Reparaturdatum bezüglich Material- und Bearbeitungsfehlern.

Servicevereinbarungen

Für Ihren Rechner können Sie eine Vereinbarung über Service und Reparatur abschließen. Ein entsprechendes Formblatt liegt der Versandpackung bei. Für zusätzliche Informationen sollten Sie sich mit Ihrem HP-Vertragshändler oder einer Hewlett-Packard-Geschäftsstelle in Verbindung setzen.

Sicherheitsbestimmungen

Funkschutz. Der HP 32SII wurde von Hewlett-Packard geprüft und entspricht den Bestimmungen der Allgemeinen Verfügung FTZ 1046/84 vom 14. Dezember 1984. Als Nachweis ist der Rechner mit dem VDE-Funkschutzzeichen mit Index 0871B gekennzeichnet.

Benutzerspeicher und Stack

Dieser Anhang behandelt:

- Belegung und Anforderungen des Benutzerspeichers
- Zurücksetzen des Rechners ohne Beeinflussung des Speichers
- Löschen des gesamten Benutzerspeichers und Rücksetzen auf die Grundeinstellung.
- Operationen, welche sich auf den Stack Lift auswirken.

Speicherverwaltung

Der HP 32SII verfügt über einen Benutzerspeicher von 384 Byte. SOLVE, \int FN und statistische Berechnungen erfordern neben Variablen, Gleichungen und Programmen ebenfalls einen Bereich im Benutzerspeicher. (\int FN benötigt besonders viel Speicherplatz bei der Ausführung.)

Alle von Ihnen gespeicherten Daten bleiben so lange erhalten, bis sie von Ihnen ausdrücklich gelöscht werden. Ist für die von Ihnen beabsichtigte Operation nicht mehr genügend freier Speicherplatz vorhanden, so zeigt der Rechner MEMORY FULL an. In dieser Situation müssen Sie bereits belegten Speicherplatz wieder freigeben; Sie haben dabei folgende Möglichkeiten:

- Löschen aller nicht mehr benötigten Variablen (siehe "Löschen von Variablen" im Kapitel 3).
- Löschen aller nicht mehr benötigten Gleichungen (siehe "Bearbeiten und Löschen von Gleichungen" im Kapitel 6).
- Löschen aller nicht mehr benötigten Programme (Siehe "Löschen von einem oder mehreren Programmen" im Kapitel 12).

- Löschen der Statistikregister (drücken Sie \leftarrow **CLEAR** $\{\Sigma\}$).
- Löschen des gesamten Benutzerspeichers (drücken Sie \leftarrow **CLEAR** $\{ALL\}$).

Speicherplatz-Anforderungen

Daten oder Operation	Erforderlicher Speicherplatz
Variablen	8 Byte je Variable. (Kein Byte, wenn Inhalt gleich Null).
Anweisungen in Programmzeilen	1,5 Byte.
Zahlen in Programmzeilen	Ganze Zahlen von 0 bis 254: 1,5 Byte. Alle anderen Zahlen: 9,5 Byte.
Operationen in Gleichungen	1,5 Byte.
Zahlen in Gleichungen	Ganze Zahlen von 0 bis 254: 1,5 Byte. Alle anderen Zahlen: 9,5 Byte
Statistikdaten	Maximal 48 Byte (8 Byte für jedes Summationsregister ungleich Null).
SOLVE	33,5 Byte.
\int FN (Integration)	140 Byte.

Um zu sehen, wieviel Speicherplatz eine bestimmte Gleichung aus der Gleichungsliste benötigt, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie \rightarrow **EQN**, um den Gleichungseingabe-Modus zu aktivieren. (In der Anzeige erscheint EQN LIST TOP oder der Beginn (linker Teil) der aktuellen Gleichung.)
2. Wenn nötig, blättern Sie durch die Liste (drücken Sie \leftarrow \triangle oder \leftarrow ∇), bis Sie die gewünschte Gleichung sehen.
3. Wenn Sie nun \rightarrow **SHOW** drücken, werden die Prüfsumme (hexadezimal) und die Länge (in Byte) der Gleichung angezeigt, z.B. CK=7F49 009,0.

Um zu sehen, wieviel Speicherplatz ein bestimmtes Programm benötigt, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie  **MEM** {PGM} zur Anzeige des ersten Labels in der Programmliste.
2. Blättern Sie durch die Programmliste mit den Tasten   oder  , bis Sie Label und Größe des gewünschten Programms sehen, z.B. LEL F 012,0.
3. Zusätzliche Option: Wenn Sie  **SHOW** drücken, können Sie die Prüfsumme (hexadezimal) und die Länge (in Byte) des Programms ansehen, z.B. CK=5DEA 012,0 für das Programm F.

Um den benötigten Speicherplatz für eine Gleichung in einem Programm zu sehen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Holen Sie die Programmzeile, die die Gleichung enthält, in die Anzeige.
2. Wenn Sie nun  **SHOW** drücken, werden die Prüfsumme und die Länge der Gleichung angezeigt, z.B. CK=7F49 009,0.

Zur manuellen Freigabe des Speicherbereichs, welcher von einer unterbrochenen SOLVE- oder \int FN-Berechnung belegt ist, müssen Sie  **RTN** drücken. Diese Freigabe erfolgt automatisch, sobald ein Programm oder eine weitere SOLVE- oder \int FN-Berechnung ausgeführt wird.

Zurücksetzen des Rechners

Sollte der Rechner nicht mehr auf einen Tastendruck reagieren oder ist die Funktion anderweitig gestört, dann sollten Sie versuchen, den Rechner zurückzusetzen. Dadurch wird die momentane Berechnung abgebrochen. Programmeingabe, Zifferneingabe, Programmausführung, SOLVE- und \int FN- Berechnungen, VIEW- oder INPUT-Anzeigen werden aufgehoben. Gespeicherte Daten bleiben normalerweise erhalten. Betätigen Sie zum Zurücksetzen des Rechners gleichzeitig **LN** und **C**. Läßt sich der Rechner nicht zurücksetzen, sollten Sie neue Batterien einsetzen. Bringt der Austausch der Batterien keine Abhilfe bzw. ist der Rechner noch immer nicht wieder funktionsfähig, so sollten Sie versuchen, entsprechend der nachfolgenden Anleitung den Speicherbereich zu löschen.

Es kann ein selbständiges Zurücksetzen des Rechners erfolgen, wenn er fallen gelassen oder wenn die Stromversorgung unterbrochen wird.

Löschen des Speicherbereichs

Der normale Weg zum Löschen des Benutzerspeichers besteht im Drücken von **←** **CLEAR** {ALL}. Allerdings gibt es noch eine umfangreichere Löschoperation, welche weitere Informationen zurücksetzt und auch in Fällen hilfreich ist, in denen das Tastenfeld nicht mehr einwandfrei zu funktionieren scheint.

Wenn der Rechner nicht mehr auf Tastendruck reagiert und das Zurücksetzen des Rechners oder das Austauschen der Batterien nicht die gewünschte Abhilfe bringt, sollten Sie über die nachstehende Tastenfolge den Speicherbereich löschen. Dadurch wird der gesamte Speicherbereich gelöscht, der Rechner zurückgesetzt *und* alle Formate und Modi wieder in ihre Grundeinstellung gesetzt (siehe unten).

1. Halten Sie **C** gedrückt.
2. Halten Sie **\sqrt{x}** gedrückt.
3. Drücken Sie **$\Sigma+$** . (Sie betätigen nun also gleichzeitig 3 Tasten).
Wenn Sie alle Tasten wieder freigeben, wird nach erfolgreich durchgeführter Operation die Meldung MEMORY CLEAR angezeigt.

Voreinstellungen

Kategorie	Status bei Löschen ALL	Status bei MEMORY CLEAR (Grundein- stellung)
Winkelmodus	Unverändert	Grad (Altgrad)
Zahlensystem	Unverändert	Dezimalsystem
Kontrasteinstellung	Unverändert	Mittel
Dezimalzeichen	Unverändert	“.”
Nenner (Wert von /c)	Unverändert	4095
Anzeigeformat	Unverändert	FIX 4
Flags	Unverändert	Gelöscht
Bruchdarstellung	Unverändert	Aus
Startwert für Zufallszahl	Unverändert	Null
Gleichungszeiger	EQN LIST TOP	EQN LIST TOP
Gleichungsliste	Gelöscht	Gelöscht
FN= (Label)	Null	Null
Programmzeiger	PRGM TOP	PRGM TOP
Programmspeicher	Gelöscht	Gelöscht
Stack Lift	Aktiviert	Aktiviert
Stackregister	Null	Null
Variablen	Null	Null

Der Speicher kann unbeabsichtigt gelöscht werden, wenn der Rechner fallen gelassen oder die Stromversorgung unterbrochen wird.

Status des Stack Lift

Der Stack Lift ist das Verschieben der Inhalte der Stackregister bei Eingabe einer Zahl ins X-Register. Der *Stack Lift-Status* gibt an, ob bei der nächsten Eingabe der Stack tatsächlich verschoben wird (*Stack Lift freigegeben*) oder nicht. (Näheres finden Sie im Kapitel 2 "Der Stack".)

Jede in den nachstehenden zwei Listen *nicht* aufgeführte Funktion gibt den Stack Lift frei.

Deaktivierende Operationen

Die vier Operationen ENTER, $\Sigma+$, $\Sigma-$ und CL x sperren den Stack Lift. Eine Zahl, welche nach einer dieser sperrenden Operationen eingetippt wird, überschreibt die momentan im X-Register gespeicherte Zahl. Der Y-, Z- und T-Registerinhalt bleibt dabei unverändert.

Weiterhin sperren die Tasten C und + , sofern sie wie CL x wirken, ebenfalls den Stack Lift.

Die Funktion INPUT *sperrt* den Stack Lift, wenn ein Programm zur Eingabe von Daten angehalten wird (jede dabei eingetippte Zahl überschreibt das X-Register), gibt ihn jedoch nach der Fortsetzung des Programms wieder *frei*.

Neutrale Operationen

Die nachstehenden Operationen lassen den Stack Lift-Status unverändert:

DEG, RAD, GRAD	FIX, SCI, ENG, ALL	DEC, HEX, OCT, BIN	CLVARS
PSE	SHOW	RADIX . RADIX ,	CLΣ
OFF	R/S und STOP	← ▲ und ← ▼	C * und ⊕ *
MEM {VAR}**	MEM {PGM}**	GTO ○ ○	GTO ○ <i>Label nn</i>
EQN	FDISP	Fehler	PRGM und Programm- eingabe
Umschalten von Zifferneingabe Fenstern bei der Anzeige von Dualzahlen			
*Außer bei Anwendung als CL <i>x</i> .			
**Einschließlich aller während der Kataloganzeige ausgeführten Operationen, außer {VAR} ENTER und {PGM} XEQ , die den Stack Lift freigeben.			

Status des LAST X-Registers

Die folgenden Operationen sichern x im LAST X Register:

$+, -, \times, \div$	SQRT, x^2	$e^x, 10^x$
LN, LOG	$y^x, \sqrt[y]{y}$	$1/x$
\hat{x}, \hat{y}	SIN, COS, TAN	ASIN, ACOS, ATAN
SINH, COSH, TANH	ASINH, ACOSH, ATANH	IP, FP, RND, ABS
%, %CHG	$\Sigma+$, $\Sigma-$	RCL+, $-, \times, \div$
$y, x \rightarrow \theta, r$ $\theta, r \rightarrow y, x$	\rightarrow HR, \rightarrow HMS	\rightarrow DEG, \rightarrow RAD
$C_{n,r}$ $P_{n,r}$	$x!$	CMPLX+/-
CMPLX $+, -, \times, \div$	CMPLX $e^x, \text{LN}, y^x, 1/x$	CMPLX SIN, COS, TAN
\rightarrow kg, \rightarrow lb	\rightarrow $^{\circ}$ C, \rightarrow $^{\circ}$ F	\rightarrow cm, \rightarrow in
\rightarrow l, \rightarrow gal		

Beachten Sie, daß /c das LAST X-Register nicht verändert. Beachten Sie, daß die Folge x **RCL** **+** Variable der Rückrufarithmetik einen anderen Wert im LAST X-Register als die Folge x **RCL** Variable **+** speichert. Die erste speichert x in LAST X; die letzte speichert die zurückgerufene Zahl in LAST X.

Näheres zum Auflösen von Gleichungen

Dieser Anhang enthält Informationen über die Anwendung des Algorithmus SOLVE, welche die grundlegende Beschreibung im Kapitel 7 vertiefen.

Arbeitsweise von SOLVE

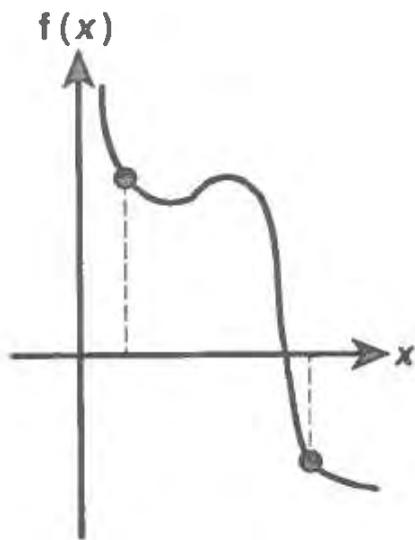
SOLVE ist eine *iterative* Operation, d.h. sie wertet wiederholt die angegebene Gleichung aus. Der von der Gleichung erzeugte Wert ist eine Funktion $f(x)$ der unbekannt Variablen x . ($f(x)$ ist eine mathematische Abkürzung für eine Funktion der Variablen x .) SOLVE beginnt mit einer Anfangsnäherung für die unbekannt Variable x und verbessert diese Näherung mit jeder nachfolgenden Berechnung von $f(x)$.

Wenn zwei aufeinanderfolgende Näherungen der Funktion $f(x)$ unterschiedliche Vorzeichen besitzen, nimmt der Algorithmus an, daß der Graph von $f(x)$ im Intervall zwischen diesen Näherungen die x -Achse mindestens einmal schneidet. Dieses Intervall wird dann systematisch verkleinert, bis eine Nullstelle gefunden wird.

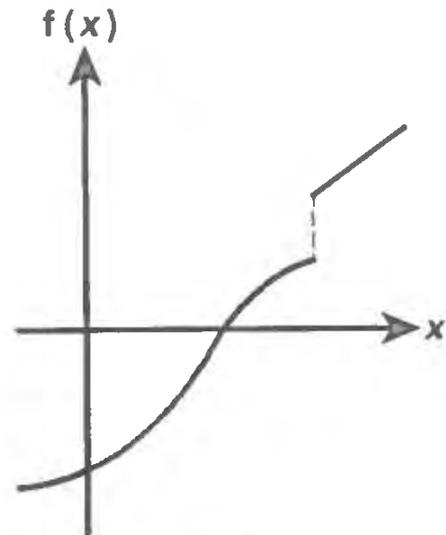
Damit SOLVE eine Nullstelle auffinden kann, muß die Nullstelle innerhalb des Zahlenbereichs des Rechners liegen, und $f(x)$ muß für den Wertebereich definiert sein, in welchem die iterative Suche stattfindet. SOLVE findet immer eine Lösung, wenn eine oder mehrere der nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:

- Zwei Anfangsnäherungen führen zu Werten von $f(x)$ mit entgegengesetzten Vorzeichen, und der Graph der Funktion schneidet die x -Achse wenigstens an einer Stelle zwischen diesen Anfangsnäherungen (Abbildung a, nächste Seite).

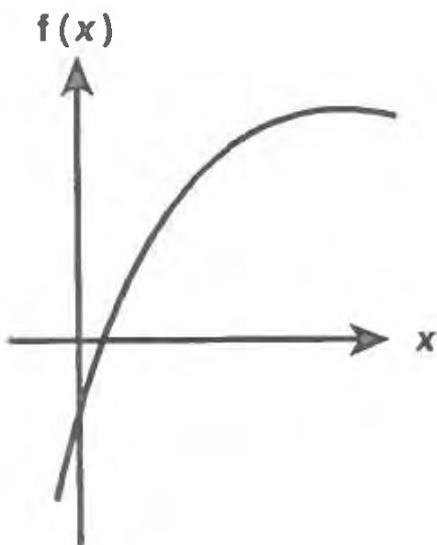
- $f(x)$ nimmt immer zu oder immer ab, wenn x erhöht wird (Abbildung b).
- Der Graph von $f(x)$ hat überall entweder eine konkave oder konvexe Form (Abbildung c).
- $f(x)$ besitzt ein oder mehrere lokale Minima und Maxima und jedes tritt einzeln zwischen benachbarten Nullstellen von $f(x)$ auf (Abbildung, d).



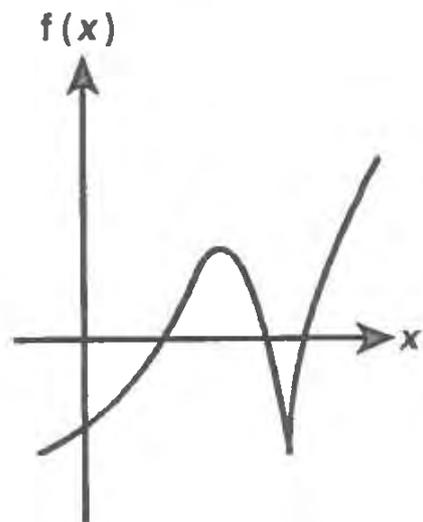
a



b



c



d

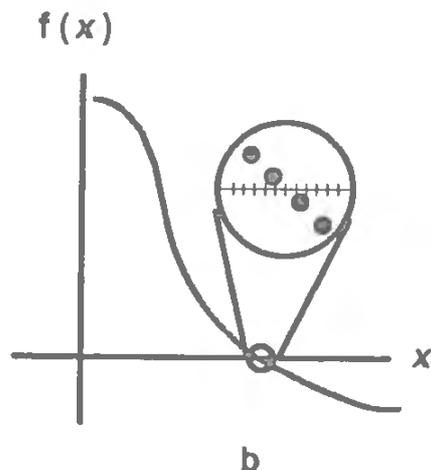
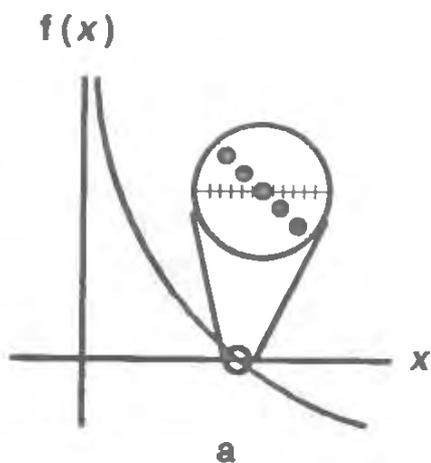
Funktionen mit lösbaren Nullstellen

In den meisten Fällen ist die berechnete Nullstelle eine genaue Näherung der theoretischen, unendlich genauen Nullstelle der Gleichung. Eine ideale Lösung wäre gefunden, wenn $f(x)$ exakt gleich Null wäre. Allerdings ist oft auch ein Wert ungleich Null für $f(x)$ ebenso akzeptabel, da dieser aus angenäherten Werten für x mit begrenzter (12stelliger) Genauigkeit resultiert.

Interpretieren von Ergebnissen

Der Algorithmus SOLVE kann unter einer der beiden Bedingungen eine Lösung ermitteln:

- Er findet eine Näherung, bei welcher sich für $f(x)$ Null ergibt (Abbildung a, unten).
- Er findet eine Näherung, bei welcher sich für $f(x)$ nicht genau Null ergibt. Die berechnete Lösung stellt jedoch einen 12stelligen Wert dar, welcher in unmittelbarer Nachbarschaft zum Schnittpunkt des Graphen mit der x -Achse liegt (Abbildung b, unten). Dies ist dann der Fall, wenn die zwei Endnäherungen Nachbarn sind (sie unterscheiden sich nur um 1 in der 12. Stelle), und der Funktionswert ist für die eine Näherung negativ, für die andere aber positiv. Oder sie sind gleich $(0, 10^{-499})$ oder $(0, -10^{-499})$. In den meisten Fällen liegt $f(x)$ sehr nahe bei Null.



Fälle, in denen eine Nullstelle gefunden wird

Um zusätzliche Informationen über das gefundene Ergebnis zu erhalten, drücken Sie $\boxed{R\downarrow}$ zur Anzeige der vorangehenden Näherung der Nullstelle (x), welche im Y-Register gespeichert ist. Drücken Sie erneut $\boxed{R\downarrow}$, um den Wert von $f(x)$ anzusehen, welcher im Z-Register steht. Wenn $f(x)$ gleich Null oder sehr klein ist, so ist es sehr wahrscheinlich, daß eine Lösung gefunden wurde. Ist $f(x)$ jedoch relativ groß, so sollten Sie die Ergebnisse sorgfältig interpretieren.

Beispiel: Gleichung mit einer Nullstelle.

Ermitteln Sie die Lösung der Gleichung:

$$-2x^3 + 4x^2 - 6x + 8 = 0.$$

Geben Sie die Gleichung in der Form eines Ausdrucks ein:

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
$\boxed{\rightarrow}$ \boxed{EQN}		Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus.
2 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\times}$ \boxed{RCL} X $\boxed{y^x}$ 3 $\boxed{+}$ 4 $\boxed{\times}$ \boxed{RCL} X $\boxed{y^x}$ 2 $\boxed{-}$ 6 $\boxed{\times}$ \boxed{RCL} X $\boxed{+}$ 8 \boxed{ENTER}	$-2 \times X^3 + 4 \times X^2 -$	Eingabe der Gleichung.
$\boxed{\rightarrow}$ \boxed{SHOW}	CK=0C6A 035,0	Prüfsumme und Länge.
\boxed{C}		Verläßt den Gleichungseingabe-Modus.

Lösen Sie nun die Gleichung auf, um die Nullstelle zu bestimmen:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
0 (STO) X 10	10_	Anfangsnäherungen für die Nullstelle.
(→) (EQN)	$-2 \times X^3 + 4 \times X^2 -$	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und zeigt die Gleichung an, soweit sie in die Anzeige paßt.
(→) (SOLVE) X	SOLVING X=1,6506	Bestimmt den Wert von X und zeigt das Ergebnis an.
(R↓)	1,6506	Die letzten beiden Näherungen stimmen bis auf 4 Stellen nach dem Komma überein.
(R↓)	$-4,0000E-11$	$f(x)$ ist <i>sehr</i> klein, also wurde die Nullstelle ziemlich genau bestimmt.

Beispiel: Gleichung mit zwei Nullstellen.

Berechnen Sie die zwei Nullstellen der Parabelgleichung:

$$x^2 + x - 6 = 0.$$

Geben Sie die Gleichung in Form eines Ausdrucks ein:

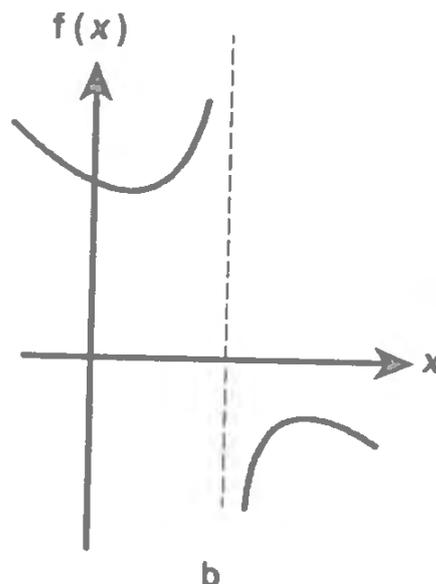
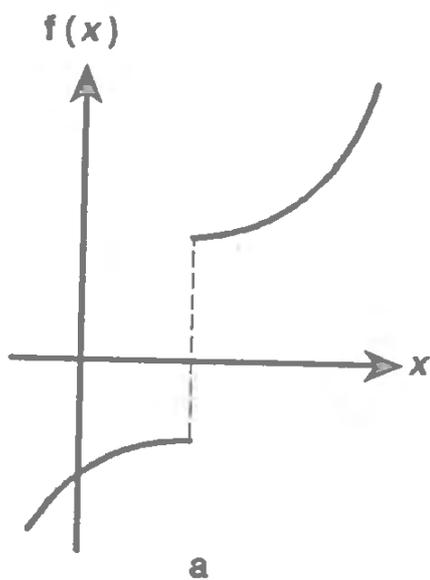
Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
(→) (EQN)		Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus.
(RCL) X (y^x) 2 (+) (RCL) X (-) 6 (ENTER)	$X^2 + X - 6$	Eingabe der Gleichung.
(→) (SHOW)	CK=0363 012,0	Prüfsumme und Länge.
(C)		Verläßt den Gleichungseingabe-Modus.

Lösen Sie nun die Gleichung zur Bestimmung der positiven und negativen Nullstellen auf:

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
0 STO X 10	10_	Ihre Anfangsnäherungen für die positive Nullstelle.
→ EQN	X^2+X-6	Schaltet in den Gleichungseingabemodus.
→ SOLVE X	SOLVING X=2,0000	Berechnet die positive Nullstelle über die Anfangsnäherungen 0 und 10.
R↓	2,0000	Die beiden Endnäherungen sind gleich.
R↓ → SHOW	0,000000000000	$f(x) = 0$.
0 STO X 10 +/-	-10_	Ihre Anfangsnäherungen für die negative Nullstelle.
→ EQN	X^2+X-6	Zeigt die Gleichung wieder an.
→ SOLVE X	SOLVING X=-3,0000	Berechnet die negative Nullstelle über die Anfangsnäherungen 0 und -10.
R↓ R↓ → SHOW	0,000000000000	$f(x) = 0$.

Bestimmte Fälle erfordern zusätzliche Überlegungen:

- Besitzt der Graph der Funktion eine Unstetigkeitsstelle, die die x -Achse überspringt, wird von SOLVE ein an die Sprungstelle angrenzender x -Wert als Nullstelle angegeben (siehe Abbildung a, unten). In diesem Fall kann $f(x)$ relativ groß sein.
- Werte von $f(x)$ können an der Stelle, an der der Graph sein Vorzeichen wechselt, auch gegen unendlich streben (siehe Abbildung b, unten). Diese Stelle wird dann als *Pol* bezeichnet. Wenn der Funktionswert am Pol sein Vorzeichen wechselt, wird der zugehörige x -Wert als Nullstelle der Funktion aufgefaßt. Der Wert von $f(x)$ wird allerdings relativ groß sein. Ist der Pol ein x -Wert, der mit 12 Stellen *genau* dargestellt werden kann, dann benutzt SOLVE diesen Wert und bricht die Berechnung mit einer Fehlermeldung vorzeitig ab.



Spezielle Fälle: Unstetigkeitsstelle und Pol

Beispiel: Unstetige Funktion.

Berechnen Sie die Nullstelle der Gleichung:

$$IP(x) = 1,5$$

Geben Sie die Gleichung ein:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow EQN		Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus.
\rightarrow PARTS {IP}	IP(X)=1,5	Eingabe der Gleichung.
RCL X \rightarrow)		
\rightarrow = 1,5 ENTER		
\rightarrow SHOW	CK=8A55 017,0	Prüfsumme und Länge.
C		Verläßt den Gleichungseingabe-Modus.

Lösen Sie nun die Gleichung zur Bestimmung der Nullstelle auf:

Tastenfolge	Anzeige:	Beschreibung:
0 (STO) X 5	5_	Ihre Anfangsnäherungen für die Nullstelle.
\rightarrow EQN	IP(X)=1,5	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und zeigt die Gleichung an.
\rightarrow SOLVE X	SOLVING X=2,0000	Berechnet eine Nullstelle über die Anfangsnäherungen 0 und 5.
\rightarrow SHOW	1,99999999999	Zeigt die Nullstelle mit 11 Dezimalstellen an.
R \downarrow \rightarrow SHOW	2,00000000000	Die nun angezeigte zweitletzte Näherung ist etwas größer.
R \downarrow	-0,5000	$f(x)$ ist relativ groß.

Beachten Sie den Unterschied zwischen den letzten zwei Näherungen sowie den relativ großen Funktionswert von $f(x)$. Das Problem liegt darin, daß kein x -Wert existiert, für welchen $f(x)$ gleich Null ist. Es gibt jedoch bei $x = 1,9999999999$ einen benachbarten Wert von x , welcher zu einem Vorzeichenwechsel für $f(x)$ führt.

Beispiel: Ein Pol.

Bestimmen Sie die Nullstelle der Gleichung:

$$\frac{x}{x^2 - 6} - 1 = 0$$

Bei der Annäherung von x an $\sqrt{6}$, wird $f(x)$ zu einem sehr großen positiven oder negativen Wert.

Geben Sie die Gleichung in Form eines Ausdrucks ein:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow EQN		Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus.
RCL X \div \rightarrow (RCL X y^x 2 - 6 \rightarrow) - 1 ENTER	$X \div (X^2 - 6) - 1$	Eingabe der Gleichung.
\rightarrow SHOW	CK=CF7C 018,0	Prüfsumme und Länge.
C		Verläßt den Gleichungseingabe-Modus.

Lösen Sie nun die Gleichung auf, um die Nullstelle zu bestimmen:

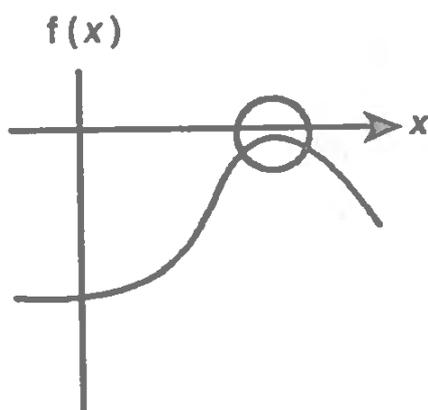
Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
2,3 (STO) X 2,7	2,7_	Ihre Anfangsnäherungen für die Nullstelle.
(R→) (EQN)	$X \div (X^2 - 6) - 1$	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und zeigt die Gleichung an.
(R→) (SOLVE) X	SOLVING $X = 2,4495$	Berechnet die Nullstelle über die Anfangsnäherungen, die $\sqrt{6}$ eingrenzen.
(R↓) (R↓)	81.649.658.092,0	$f(x)$ ist relativ groß.

Es gibt einen Pol zwischen den beiden Endnäherungen. Die Anfangsnäherungen führen zu entgegengesetzten Vorzeichen für $f(x)$. SOLVE hat das Intervall zwischen den aufeinanderfolgenden Näherungen ständig verkleinert, bis zwei benachbarte Werte gefunden wurden. Unglücklicherweise verursachten diese benachbarten Werte die Annäherung von $f(x)$ an einen Pol statt an die x -Achse. Die Funktion *besitzt tatsächlich* Nullstellen bei -2 und 3 , welche bei Vorgabe geeigneter Anfangsnäherungen auch gefunden werden.

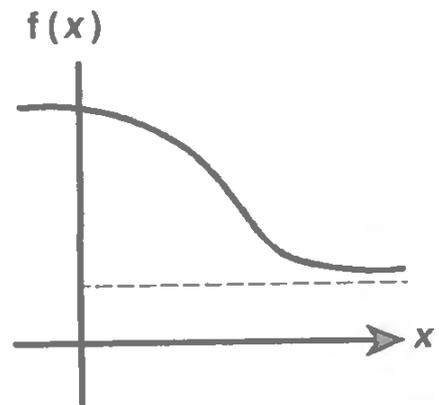
Wenn SOLVE keine Nullstelle finden kann

Es kann vorkommen, daß SOLVE keine Nullstellen auffinden kann. Nachstehende Bedingungen führen zur Meldung NO ROOT FND:

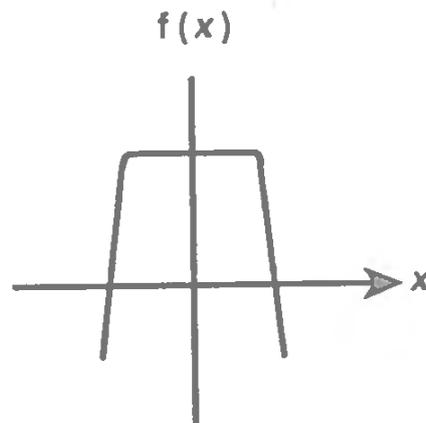
- Die Suche wird bei einem lokalen Minimum/Maximum abgebrochen (siehe Abbildung a, unten). Wenn der letzte Wert von $f(x)$ (im Z-Register gespeichert) nahe 0 ist, liegt möglicherweise eine Nullstelle vor; der in der Unbekannten gespeicherte Wert kann eine 12stellige Zahl sehr nahe der theoretischen Nullstelle sein.
- Die Suche kann abgebrochen werden, wenn SOLVE sich einer horizontalen Asymptoten nähert, wobei $f(x)$ für einen großen Bereich von x im wesentlichen konstant ist (siehe Abbildung b, unten). Der letzte Wert von $f(x)$ ist der Wert der potentiellen Asymptoten.
- Die Suche hat sich auf einen "flachen" Bereich der Funktion konzentriert (siehe Abbildung c, unten). Der letzte Wert von $f(x)$ ist der Funktionswert in diesem Bereich.



a



b



c

Fälle, in denen keine Nullstelle gefunden wurde

SOLVE zeigt einen mathematischen Fehler an, wenn eine Näherung zu einer unzulässigen Operation führt (z.B. Division durch 0, Quadratwurzel einer negativen Zahl, usw.) Sie sollten daran denken, daß SOLVE Näherungen über einen weiten Bereich erzeugen kann. Sie können manchmal Situationen, die zu mathematischen Fehlern führen, vermeiden, indem Sie geeignete Anfangsnäherungen vorgeben. Zeigt SOLVE eine mathematisch bedingte Fehlermeldung an, so drücken Sie **RCL** *unbekannte Variable* (oder **→** **VIEW** *Variable*) zur Anzeige des fehlerverursachenden Wertes.

Beispiel: Ein relatives Minimum.

Berechnen Sie die Nullstelle der Parabelgleichung:

$$x^2 - 6x + 13 = 0.$$

Sie besitzt ein Minimum bei $x = 3$.

Geben Sie die Gleichung in Form eines Ausdrucks ein:

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow (EQN)		Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus.
(RCL) X y^x 2 (-) 6 (x) (RCL) X (+) 13 (ENTER)	$X^2-6XX+13$	Eingabe der Gleichung.
\rightarrow (SHOW)	CK=5FCC 015,0	Prüfsumme und Länge.
(C)		Verläßt den Gleichungseingabe-Modus.

Lösen Sie nun die Gleichung auf, um die Nullstelle zu bestimmen:

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
0 (STO) X 10	10_	Ihre Anfangsnäherungen für die Nullstelle.
\rightarrow (EQN)	$X^2-6XX+13$	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und zeigt die Gleichung an.
\rightarrow (SOLVE) X	NO ROOT FND	Suche mit den Anfangsnäherungen 0 und 10 war erfolglos.
\leftarrow \rightarrow (SHOW)	3,00000010001	Zeigt die Endnäherung von x an.
(R \downarrow) \rightarrow (SHOW)	3,00000468443	Vorherige Näherung ist nicht gleich.
(R \downarrow)	4,0000	Endwert für $f(x)$ ist relativ groß.

Beispiel: Asymptote.

Berechnen Sie die Nullstelle der Gleichung:

$$10 - \frac{1}{x} = 0$$

Geben Sie die Gleichung in Form eines Ausdrucks ein:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow EQN		Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus.
10 \ominus $\frac{1}{x}$ RCL X \rightarrow) ENTER	10-INV(X)	Eingabe der Gleichung.
\rightarrow SHOW C	OK=606D 009,0	Prüfsumme und Länge. Verläßt den Gleichungseingabe-Modus.
0,005 STO X 5	5_	Ihre positiven Anfangsnäherungen für die Nullstelle.
\rightarrow EQN	10-INV(X)	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und zeigt die Gleichung an.
\rightarrow SOLVE X	X=0,1000	Löst nach x auf über die Anfangsnäherungen 0,005 und 5.
R \downarrow	0,1000	Vorherige Näherung ist gleich.
R \downarrow \rightarrow SHOW	0,000000000000 $f(x) = 0$.	

Beachten Sie die Auswirkungen bei negativen Anfangswerten:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
1 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{STO}}$ X	-1,0000	Ihre negativen Anfangsnäherungen für die Nullstelle.
2 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\text{EQN}}$	10-INV(X)	Schaltet in den Gleichungseingabemodus und zeigt die Gleichung an.
$\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\text{SOLVE}}$ X	NO ROOT FND	Es konnte keine Nullstelle für $f(x)$ gefunden werden.
$\boxed{\leftarrow}$	-46.666.666.692,1	Zeigt die letzte Näherung von x an.
$\boxed{\text{R}\downarrow}$	-5,7750E15	Vorherige Näherung hat viel größeren Betrag.
$\boxed{\text{R}\downarrow}$	10,0000	$f(x)$ für die letzte Näherung ist ziemlich groß.

Bei einer Betrachtung der Gleichung wird deutlich, daß bei negativem x der kleinste mögliche Funktionswert 10 ist. $f(x)$ nähert sich der Zahl 10 mit zunehmenden negativen Werten für x .

Beispiel: Mathematisch bedingter Fehler.

Ermitteln Sie die Nullstelle von:

$$\sqrt{[x \div (x + 0,3)]} - 0,5 = 0$$

Geben Sie die Gleichung in Form eines Ausdrucks ein:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
\rightarrow (EQN)		Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus.
\sqrt{x} (RCL) X \div \rightarrow () (RCL) X + 0 3 \rightarrow () \rightarrow () - 0 5 (ENTER)	SQRT(X \div X+0,3)	Eingabe der Gleichung.
\rightarrow (SHOW)	CK=CE0C 034,0	Prüfsumme und Länge.
(C)		Verläßt den Gleichungseingabe-Modus.

Versuchen Sie zuerst, eine positive Nullstelle zu finden:

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
0 (STO) X 10	10_	Ihre positiven Anfangsnäherungen für die Nullstelle.
\rightarrow (EQN)	SQRT(X \div X+0,3)	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und zeigt die Gleichung an, soweit sie in die Anzeige paßt.
\rightarrow (SOLVE) X	X=0,1000	Berechnet eine Nullstelle über die Anfangsnäherungen 0 und 10.

Versuchen Sie nun, eine negative Nullstelle über die Anfangsnäherungen 0 und -10 zu finden. Beachten Sie, daß die Funktion für x -Werte zwischen 0 und -0,3 nicht definiert ist, da diese Werte zu einer negativen Wurzel führen.

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
0 STO X 10 +/-	-10_	
→ EQN	SQRT(X÷(X+0,3	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und zeigt die Gleichung an, soweit sie in die Anzeige paßt.
→ SOLVE X	SQRT(NEG)	Mathematisch bedingter Fehler.
C C		Löscht die Fehlermeldung und verläßt den Gleichungseingabe-Modus.
→ VIEW X	X=-0,1988	Zeigt Endnäherung für x an.

Beispiel: Lokaler "flacher" Bereich.

Ermitteln Sie die Nullstelle von:

$$f(x) = x + 2 \text{ für } x < -1,$$

$$f(x) = 1 \text{ für } -1 \leq x \leq 1 \text{ (lokaler flacher Bereich)}$$

$$f(x) = -x + 2 \text{ für } x > 1.$$

Geben Sie die Funktion als Programm ein:

```

J01 LBL J
J02 1
J03 ENTER
J04 2
J05 RCL+ X
J06 x<y?
J07 RTN
J08 4
J09 -
J10 +/-
J11 x>y?
J12 R↓
J13 RTN

```

Prüfsumme und Länge: 23C2 019,5

Sie können anschließend die Zeile J03 löschen, um Speicherplatz zu sparen.

Lösen Sie nach X auf über die Anfangsnäherungen 10^{-8} und -10^{-8} .

Tastenfolge:	Anzeige:	Beschreibung:
$\boxed{E} \ 8 \ \boxed{+/-} \ \boxed{STO} \ X$ $1 \ \boxed{+/-} \ \boxed{E} \ 8 \ \boxed{+/-}$	$-1E^{-8}$	Eingabe der Anfangsnäherungen.
$\boxed{\rightarrow} \ \boxed{FN=} \ J$	$-1,0000E^{-8}$	Wählt Programm "J" als Funktion aus.
$\boxed{\rightarrow} \ \boxed{SOLVE} \ X$	NO ROOT FND	Über die sehr kleinen Näherungswerte nahe Null (Eingrenzung des Suchbereichs) konnte keine Nullstelle gefunden werden.
$\boxed{\uparrow}$ $\boxed{R\downarrow}$ $\boxed{R\downarrow}$	$1,0000E^{-8}$ $0,0025$ $1,0000$	Die letzten zwei Näherungen liegen weit auseinander und der Endwert von $f(x)$ ist relativ groß.

Bei der Verwendung größerer Anfangsnäherungen findet SOLVE die Nullstellen außerhalb des flachen Bereichs (bei $x = 2$ und $x = -2$).

Rundungsfehler

Die begrenzte (12stellige) Genauigkeit des Rechners kann "Rundungsfehler" verursachen, welche ein iteratives Lösungsverfahren beeinträchtigen. Die Gleichung

$$[(|x| + 1) + 10^{15}]^2 - 10^{30} = 0$$

hat z.B. keine Nullstelle, da die linke Seite immer positiv ist. Allerdings liefert SOLVE als Ergebnis 2,0000 für die Anfangsnäherungen 1 und 2, was auf Rundungsfehler zurückzuführen ist.

Rundungsfehler können auch dazu führen, daß SOLVE keine Nullstelle findet, obwohl tatsächlich eine vorhanden ist. Die Gleichung:

$$|x^2 - 7| = 0$$

hat eine Nullstelle bei $\sqrt{7}$. Allerdings kann $\sqrt{7}$ mit 12stelliger Genauigkeit *nicht genau* dargestellt werden. Außerdem wechselt die Funktion nie das Vorzeichen. SOLVE gibt daher die Meldung NO ROOT FND zurück. Die Endnäherung von x (drücken Sie $\left[\blacktriangleleft \right]$ zur Anzeige) stellt jedoch die bestmögliche 12-stellige Approximation der Nullstelle dar, wenn die Routine den Lösungsprozeß abbricht.

Underflow

Ein *Bereichsunterlauf* kann eintreten, wenn der Betrag einer Zahl kleiner als die kleinste im Rechner darstellbare Zahl ist. Sie wird dann durch Null ersetzt. Dieser Umstand kann ebenfalls die Ergebnisse von SOLVE beeinflussen. Betrachten Sie z.B. die Gleichung:

$$\frac{1}{x^2}$$

Eine Nullstelle dieser Gleichung liegt im Unendlichen. Aufgrund eines Bereichsunterlaufs liefert SOLVE einen sehr großen Wert als Nullstelle.



Näheres zur Integration

Dieser Anhang enthält Informationen über die Integrationsroutine, welche die im Kapitel 8 enthaltene Beschreibung vertiefen.

Auswertung des Integrals

Der von der Integrationsroutine $\int f(x) dx$ benutzte Algorithmus berechnet das Integral einer Funktion $f(x)$, indem er einen gewichteten Mittelwert der Funktionswerte an ausreichend vielen Stützstellen von x innerhalb des Integrationsintervalls bildet. Die Genauigkeit des Ergebnisses eines derartigen Stützstellenalgorithmus hängt von der Anzahl der einbezogenen Stützstellen ab. Allgemein gilt: je mehr Stützstellen, desto größer die Genauigkeit. Wenn $f(x)$ an unendlich vielen Stellen berechnet werden könnte, würde der Algorithmus – wenn man die Ungenauigkeit der berechneten Funktionswerte vernachlässigt – eine exakte Lösung finden.

Die Auswertung der Funktionswerte an unendlich vielen Stellen würde unendlich lange dauern. Sie ist jedoch auch nicht erforderlich, da die Genauigkeit des Integrals ohnehin durch die Genauigkeit der berechneten Funktionswerte begrenzt ist. Mit einer begrenzten Anzahl von Stützstellen kann der Algorithmus ein Integral berechnen, dessen so Wert genau ist, wie es die Ungenauigkeit von $f(x)$ zuläßt.

Der Integrationsalgorithmus betrachtet zuerst nur einige wenige Stützstellen und liefert ein entsprechend ungenaues Ergebnis. Ist diese Approximation noch nicht so exakt, wie es die Genauigkeit von $f(x)$ zulassen würde, so wird der Algorithmus mit einer größeren Anzahl von Stützstellen wiederholt. Diese Iterationen werden fortgesetzt, jedesmal mit verdoppelter Stützstellenzahl, bis die resultierende Approximation die maximale Genauigkeit erreicht hat, welche die Ungenauigkeit von $f(x)$ zuläßt.

Wie im Kapitel 8 beschrieben, ist die Ungenauigkeit der berechneten Approximation vom Anzeigeformat abhängig, denn dieses bestimmt die Ungenauigkeit der Funktionswerte. Am Ende jeder Iteration vergleicht der Algorithmus die erhaltene Approximation mit den zwei vorhergehenden Approximationen. Ist der Unterschied zwischen einer dieser 3 Approximationen und den anderen beiden kleiner als die Approximation für die endgültige Ungenauigkeit, so wird der Algorithmus beendet; die letzte Approximation steht dabei im X- und die zugehörige Fehlerabschätzung im Y-Register.

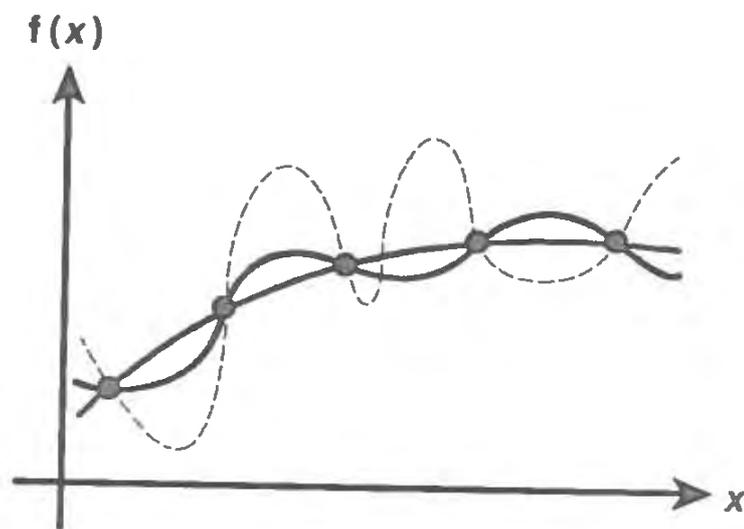
Es ist sehr unwahrscheinlich, daß die Fehler in drei aufeinanderfolgenden Approximationen – d.h. der Unterschied zwischen dem tatsächlichen Integral und den Approximationen – immer größer als der Unterschied zwischen den Approximationen selbst ist. Deshalb ist der tatsächliche Fehler der letzten Approximation kleiner als deren Fehlerabschätzung (vorausgesetzt, daß $f(x)$ nicht zu rasch variiert). Obwohl der Fehler der letzten Approximation nicht bekannt ist, ist es jedenfalls sehr unwahrscheinlich, daß er die angezeigte Fehlerabschätzung der Approximation überschreitet. Mit anderen Worten, die Fehlerabschätzung im Y-Register stellt mit ziemlicher Sicherheit die maximale Differenz dar.

Mögliche Ursachen für unkorrekte Ergebnisse

Obwohl der Integrationsalgorithmus im HP 32SII einer der besten verfügbaren Algorithmen ist, kann er Ihnen in bestimmten Situationen – wie fast alle Algorithmen für numerische Integration – ein unkorrektes Ergebnis liefern. *Die Wahrscheinlichkeit dafür ist jedoch sehr gering.* Der Algorithmus ist so ausgelegt, daß er für praktisch alle glatt verlaufenden Funktionen zuverlässige Ergebnisse liefert. Nur bei extrem sprunghaft verlaufenden Funktionen besteht ein gewisses Risiko, ein ungenaues Ergebnis zu erhalten. Solche Funktionen kommen in physikalischen Problemstellungen jedoch kaum vor und können gegebenenfalls leicht erkannt und entsprechend behandelt werden.

Da der Algorithmus außer den Funktionswerten in den Stützstellen keine weiteren Informationen über $f(x)$ besitzt, kann er $f(x)$ nicht von anderen Funktionen unterscheiden, die mit $f(x)$ an allen Stützstellen übereinstimmen. Die Abbildung unten verdeutlicht diese Situation

anhand dreier Funktionen, deren Graphen auf einem Abschnitt des Integrationsintervalls an endlich vielen Stützstellen übereinstimmen.



Mit diesen Stützstellen berechnet der Algorithmus die gleichen Approximationen für das Integral aller abgebildeten Funktionen. Die tatsächlichen Integrale der beiden durchgezogen dargestellten Funktionen sind ungefähr gleich, die Approximation wird also ziemlich genau sein, wenn $f(x)$ eine dieser beiden Funktionen ist. Das Integral der gestrichelt gezeichneten Funktion besitzt jedoch einen von den anderen beiden Integralen deutlich unterschiedlichen Wert, so daß Sie für diese Funktion eine ungenaue Approximation des Integrals erhalten werden.

Der Algorithmus untersucht den Kurvenverlauf der Funktion durch Funktionsauswertungen an immer enger beisammen liegenden Stützstellen. Auch wenn der Verlauf der Funktion starke Schwankungen enthält, so erfaßt der Algorithmus diese Schwankungen wahrscheinlich bei einer bestimmten Iterationsstufe—vorausgesetzt, sie treten nicht nur in einem engen Teilbereich des Integrationsintervalls auf und weichen nicht stark vom Verlauf im übrigen Bereich ab. Werden Schwankungen entdeckt, so wird die Anzahl der Stützstellen erhöht, bis nachfolgende Iterationen Approximationen liefern, die den Verlauf der stärksten *charakteristischen* Schwankungen berücksichtigen. Betrachten Sie z.B. die Approximation von

$$\int_0^{\infty} x e^{-x} dx.$$

Da Sie dieses Integral numerisch auswerten, ist es naheliegend (aber dennoch irreführend, wie Sie sehen werden), die obere Integrationsgrenze als 10^{499} zu wählen – die größtmögliche Zahl, die Sie in den Rechner eingeben können. Versuchen Sie es und sehen Sie, was passiert. Geben Sie die Funktion $f(x) = xe^{-x}$ ein.

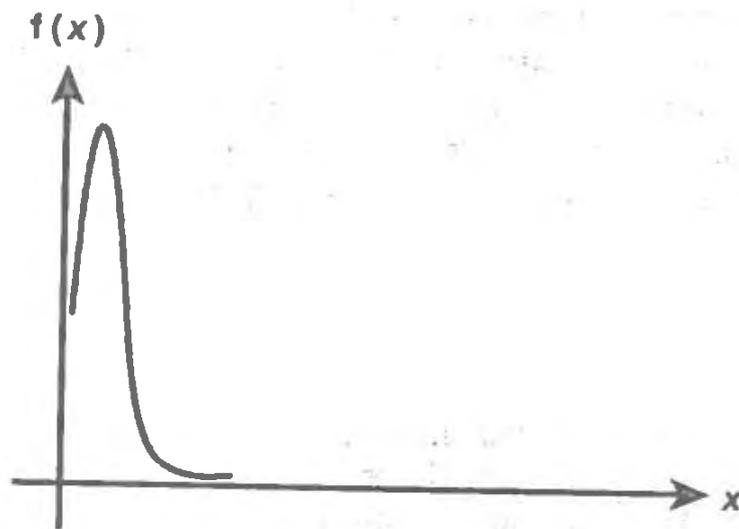
Tastensequenz	Anzeige	Beschreibung
\rightarrow EQN		Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus.
RCL X \times e^x	X*EXP(Eingabe der Gleichung.
- RCL X \rightarrow 0 ENTER	X*EXP(-X)	Beendet die Gleichung.
\rightarrow SHOW	CK=297F 010,5	Prüfsumme und Länge.
C		Verläßt den Gleichungseingabe-Modus.

Stellen Sie als Anzeigeformat SCI 3 ein und geben Sie Null als untere und 10^{499} als obere Integrationsgrenze an; starten Sie danach die Integrationsroutine.

Tastensequenz	Anzeige	Beschreibung
\leftarrow DISP {SCI} 3 0 ENTER E 499	1E499_	Legt die Genauigkeit und die Integrationsgrenzen fest.
\rightarrow EQN	X*EXP(-X)	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und zeigt die Gleichung an.
\rightarrow \int X	INTEGRATING $\int=0,000E0$	Approximation des Integrals.

Die vom Rechner ermittelte Lösung ist mit Sicherheit unkorrekt; das Integral von $f(x) = xe^{-x}$ von 0 bis ∞ hat exakt den Wert 1. Das Problem ist aber *nicht*, daß Sie ∞ durch 10^{499} dargestellt haben, da das Integral dieser Funktion von 0 bis 10^{499} beinahe den Wert 1 hat. Der Grund für das unkorrekte Ergebnis wird offensichtlich, wenn Sie den Graphen von $f(x)$ über dem Integrationsintervall betrachten.

D-4 Näheres zur Integration

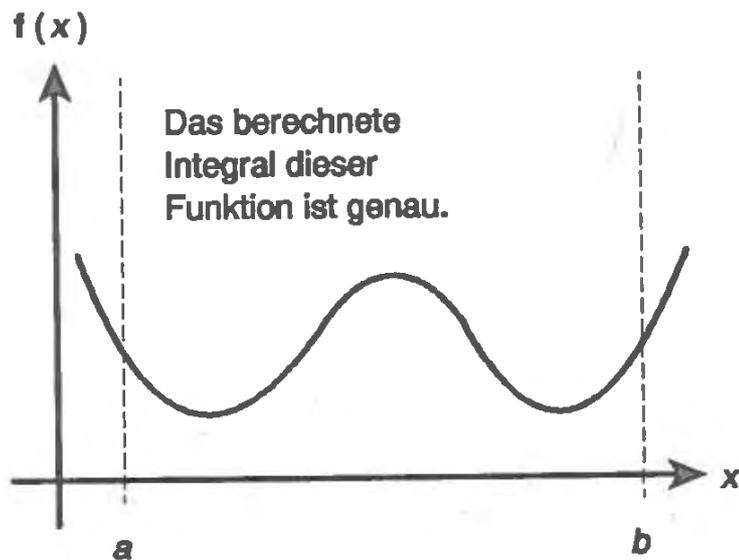


Der Graph hat einen nadelförmigen Verlauf nahe des Ursprungs. (Um $f(x)$ darzustellen, wurde die Umgebung des Ursprungs beträchtlich vergrößert. In maßstabsgetreuer Darstellung des Integrationsintervalls wäre die Spitze nicht von der y -Achse zu unterscheiden). Da keine Stützstelle die Spitze des Graphen erfaßte, nahm der Algorithmus an, daß die Funktion über das ganze Integrationsintervall gleich Null sei. Sogar bei erhöhter Anzahl von Stützstellen im Format SCI 11 oder ALL würde für diese spezielle Funktion und dieses Integrationsintervall keine der zusätzlichen Stützstellen die Spitze entdecken. (Methoden zur Bewältigung derartiger Probleme werden am Ende des nächsten Abschnitts, "Gründe für verlängerte Rechenzeiten", behandelt).

Glücklicherweise treten derart problematische Funktionen selten auf, so daß Sie wahrscheinlich nie in die Verlegenheit kommen werden, eine davon integrieren zu müssen, ohne ihr Verhalten zu kennen. Typisch für Funktionen, die zu unkorrekten Ergebnissen führen könnten, ist die rasche Änderung ihrer Werte und der Werte ihrer ersten Ableitungen. Grundsätzlich gilt, je stärker die Änderung der Werte der Funktion oder ihrer Ableitung, desto ungenauer ist möglicherweise die resultierende Approximation des Integrals.

Beachten Sie, daß die Stärke der Änderung der Funktion (oder ihrer ersten Ableitungen) im Verhältnis zur Breite des Integrationsintervalls beurteilt werden muß. Bei einer gegebenen Anzahl von Stützstellen kann eine Funktion mit mehreren Schwankungen durch ihre Stützstellenwerte besser dargestellt werden, wenn diese über das ganze Intervall verteilt sind, als wenn sie auf einen kleinen Teil des Intervalls konzentriert sind. (Diese beiden Fälle werden in den folgenden

zwei Abbildungen veranschaulicht). Wenn Sie die Schwankungen als Oszillationen der Funktion interpretieren, ist das interessierende Kriterium das Verhältnis der Schwingungsperiode zur Gesamtlänge des Integrationsintervalls: je größer dieses Verhältnis, desto schneller findet der Algorithmus ein Ergebnis, und desto zuverlässiger wird dieses sein.



In vielen Fällen werden Sie die zu integrierende Funktion gut genug kennen, um zu wissen, ob die Funktion irgendwo große Schwankungen (im Vergleich zum Integrationsintervall) aufweist. Wenn Sie die Funktion nicht kennen und Sie Schwierigkeiten erwarten, so können Sie mit dem zur Berechnung der Funktionswerte geschriebenen

Unterprogramm schnell ein paar Punkte berechnen und über diese eine Skizze des Funktionsverlaufs anfertigen.

Wenn Sie aus irgendeinem Grund die Zuverlässigkeit eines erhaltenen Näherungswertes Ihrer Integration bezweifeln, können Sie mit einer sehr einfachen Methode Ihren Verdacht überprüfen: Teilen Sie Ihr Integrationsintervall in zwei oder mehrere Abschnitte und addieren Sie die Näherungen für die Integrale über diese Abschnitte. (Die Funktion wird in diesem Fall an vollständig neuen Stützstellen berechnet). Falls die anfängliche Approximation richtig ist, stimmt sie mit der Summe der Approximationen für die Teilintegrale überein.

Gründe für verlängerte Rechenzeiten

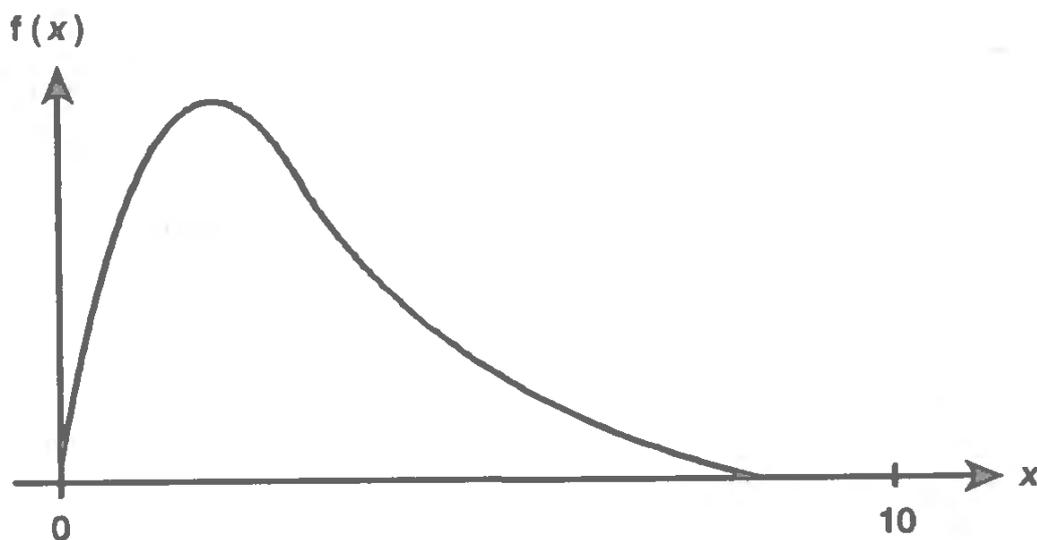
Im vorherigen Beispiel liefert der Algorithmus ein unkorrektes Ergebnis, weil er die Spitze der Funktion gar nicht entdeckte. Dies geschah deshalb, weil die Änderung der Funktion im Vergleich zur Intervallbreite zu schnell war. Bei kleinerer Intervallbreite könnten Sie die richtige Lösung erhalten, aber die Berechnung würde u.U. sehr lange dauern, falls die Intervallbreite noch immer zu groß ist.

Betrachten Sie ein Integral, dessen Integrationsintervall groß genug ist, um unverhältnismäßig viel Rechenzeit in Anspruch zu nehmen, aber nicht so groß, daß Sie ein falsches Ergebnis erhalten. Beachten Sie, daß $f(x)$ im Fall $f(x) = xe^{-x}$ schnell gegen Null abfällt, wenn x gegen ∞ strebt, und der Beitrag großer x -Werte zum Integral vernachlässigbar wird. Deshalb können Sie die obere Integrationsgrenze ∞ durch einen Wert kleiner als 10^{499} ersetzen – zum Beispiel durch 10^3 .

Starten Sie nochmals die vorherige Integration mit den neuen Integrationsgrenzen. Wenn Sie zwischenzeitlich keine andere Integration ausgeführt haben, brauchen Sie $FN = F$ nicht erneut anzugeben.

Tastensequenz:	Anzeige:	Beschreibung:
0 (ENTER) (E) 3	1E3_	Neue Obergrenze.
(→) (EQN)	X*EXP(-X)	Schaltet in den Gleichungseingabe-Modus und zeigt die Gleichung an.
(→) (∫) X	INTEGRATING ∫=1,000E0	Integral. (Die Berechnung dauert ein oder zwei Minuten.)
(x↔y)	1,824E-4	Fehlerabschätzung der Approximation.

Dies ist das richtige Ergebnis, aber die Berechnung dauert sehr lange. Um dies zu verstehen, vergleichen Sie den Graphen der Funktion über das Integrationsintervall von $x = 0$ und $x = 10^3$, welcher dem im vorherigen Beispiel abgebildeten sehr ähnelt, mit dem Graphen der Funktion zwischen $x = 0$ und $x = 10$:



Wenn Sie diese beiden Graphen vergleichen, stellen Sie fest, daß die Funktion nur für kleine Werte von x "interessant" ist, da sie für größere Werte von x stetig und glatt in einer vorhersehbaren Weise abfällt.

Der Algorithmus erhöht die Dichte der Stützpunkte, bis der Unterschied zwischen aufeinanderfolgenden Approximationen genügend klein wird. Wird ein kleines Intervall vorgegeben, das

vollständig im interessanten Funktionsbereich liegt, so wird weniger Zeit benötigt, um diese kritische Dichte zu erreichen.

Um gleiche Dichte von Stützstellen zu erhalten, ist die gesamte Anzahl der erforderlichen Stützstellen über das große Intervall viel größer als die erforderliche Anzahl für das kleine Intervall. Demzufolge sind im großen Intervall zusätzliche Iterationen erforderlich, um eine Approximation gleicher Genauigkeit zu erreichen, und deshalb wird zur Berechnung dieses Integrals beträchtlich mehr Zeit benötigt.

Da die Rechenzeit davon abhängt, wie schnell im interessanten Gebiet der Funktion eine bestimmte Stützstellendichte erreicht wird, erhöht sich die Zeit zur Berechnung jedes Integrals, wenn das Integrationsintervall sich über vorwiegend uninteressante Teile der Funktion erstreckt. Glücklicherweise können Sie, wenn Sie ein solches Integral berechnen müssen, das Problem so umformulieren, daß die Rechenzeit beträchtlich verkürzt wird. Zwei Möglichkeiten dazu sind die Unterteilung des Intervalls sowie eine Koordinatentransformation. Mit diesen Verfahren können Sie die zu integrierende Funktion oder die Integrationsgrenzen so verändern, daß die Funktion über das/die Integrationsintervall(e) leichter integrierbar wird.

Meldungen

Der Rechner gibt unter bestimmten Bedingungen Meldungen aus. Außerdem erscheint der Indikator ▲ in der Anzeige, um Sie auf die besondere Situation hinzuweisen. Wichtige Meldungen bleiben angezeigt, bis sie von Ihnen ausdrücklich gelöscht werden. Durch Drücken von **C** oder **+** können Sie eine Meldung löschen; das Drücken einer anderen Taste bewirkt das Löschen *und* die Ausführung der Tastenfunktion.

∫FN ACTIVE	Bei der Integration einer programmierten Funktion trat innerhalb des Programms die Anweisung FN=Label auf.
∫(∫FN)	Bei der Integration einer programmierten Funktion trat innerhalb des Programms die Anweisung ∫FN d Variable auf.
∫(SOLVE)	Bei der Integration einer programmierten Funktion trat innerhalb des Programms die Anweisung (SOLVE) Variable auf.
ALL VARS=0	Der Variablenkatalog (← MEM {VAR}) enthält keine gespeicherten Daten.
CALCULATING	Der Rechner führt eine Funktion aus, welche längere Zeit in Anspruch nehmen kann.
CLR EQN? Y N	Fordert zur Bestätigung des Löschbefehls auf, wenn Sie eine Gleichung während der Bearbeitung löschen wollen. (Nur im Gleichungseingabe-Modus)

CLR PGMS? Y N	Fordert zur Bestätigung des Löschbefehls auf, wenn Sie <i>alle Programme</i> löschen wollen. (Nur im Programmeingabe-Modus)
DIVIDE BY 0	Versuch, durch Null zu dividieren. (Auch bei (%CHG) , falls das Y-Register Null enthält.)
DUPLICAT. LBL	Versuch, ein Programmlabel einzugeben, welches bereits für eine andere Routine verwendet wurde.
EQN LIST TOP	Zeigt den "Beginn" des Speicherbereichs für Gleichungen an. Da der Speicher zyklisch organisiert ist, stellt EQN LIST TOP gleichzeitig auch den Eintrag nach der letzten Gleichung im Speicherbereich für Gleichungen dar.
INTEGRATING	Der Rechner berechnet das Integral einer Gleichung oder einer programmierten Funktion. <i>Dies kann etwas länger dauern.</i>
INTERRUPTED	Eine gestartete SOLVE- oder \int FN-Operation wurde durch Drücken von (C) oder (R/S) unterbrochen.
INVALID DATA	Fehlerhafte Daten: <ul style="list-style-type: none"> ■ Versuch, Kombinationen oder Permutationen mit $r > n$, mit gebrochenem r oder n oder mit $n \geq 10^{12}$ zu berechnen. ■ Versuch, eine trigonometrische oder hyperbolische Funktion mit einem unzulässigen Argument zu berechnen: <ul style="list-style-type: none"> □ (TAN) mit x als ungerades Vielfaches von 90°. □ (ACOS) oder (ASIN) mit $x < -1$ oder $x > 1$. □ (HYP) (ATAN) mit $x \leq -1$; oder $x \geq 1$. □ (HYP) (ACOS) mit $x < 1$.

INVALID EQN	Während der Auswertung der Gleichung wurde ein Syntaxfehler entdeckt (SOLVE oder \int FN).
INVALID $x!$	Versuch, Fakultät oder Gammafunktion mit x als negativer ganzer Zahl zu berechnen.
INVALID y^x	Unzulässige Anwendung der Potenzfunktion: <ul style="list-style-type: none"> ■ Versuch, 0 zur nullten oder einer negativen Potenz zu erheben. ■ Versuch, eine negative Zahl mit einer gebrochenen Zahl zu potenzieren. ■ Versuch, die komplexe Zahl $(0 + i0)$ mit einer Zahl mit einem negativen Realteil zu potenzieren.
INVALID $\langle i \rangle$	Versuch, eine Operation über indirekte Adressierung auszuführen, wobei die Zahl im Indexregister unzulässig ist ($ i \geq 34$ oder $0 \leq i < 1$).
LOG $\langle 0 \rangle$	Versuch, den Logarithmus von Null oder $(0 + i0)$ zu berechnen.
LOG \langle NEG \rangle	Versuch, den Logarithmus von einer negativen Zahl zu berechnen.
MEMORY CLEAR	Der gesamte Speicherbereich wurde gelöscht
MEMORY FULL	Es ist nicht genügend Speicherplatz vorhanden, um die vorgesehene Operation auszuführen. Näheres finden Sie im Anhang B.
NO	Die abgefragte Bedingung ist "nicht wahr". (Tritt nur bei Aufruf über das Tastenfeld auf.)

RUNNING	Der Rechner führt gerade ein Programm aus (ein anderes als eine SOLVE- oder \int FN-Routine).
SELECT FN	Versuch, SOLVE <i>Variable</i> oder \int FN \square <i>Variable</i> auszuführen, ohne daß ein Programm-Label angegeben wurde. Dies kann nur bei der ersten Verwendung von SOLVE oder \int FN eintreten, nachdem MEMORY CLEAR angezeigt wurde, oder wenn das aktuelle Label nicht mehr existiert.
SOLVE ACTIVE	Beim Auflösen einer programmierten Funktion mit SOLVE trat innerhalb des Programms die Anweisung FN= <i>Label</i> auf.
SOLVE(SOLVE)	Beim Auflösen einer programmierten Funktion mit SOLVE trat innerhalb des Programms die Anweisung \int FN \square <i>Variable</i> auf.
SOLVE(\int FN)	Beim Auflösen einer programmierten Funktion mit SOLVE trat innerhalb des Programms die Anweisung SOLVE <i>Variable</i> auf.
SOLVING	Der Rechner berechnet die Lösung einer Gleichung oder eines Programms. <i>Dies kann etwas länger dauern.</i>
SQRT(NEG)	Versuch, die Quadratwurzel einer negativen Zahl zu berechnen.
STAT ERROR	Statistikfehler: <ul style="list-style-type: none"> ■ Versuch einer statistischen Berechnung mit $n = 0$. ■ Versuch der Berechnung von s_x, s_y, \hat{x}, \hat{y}, m, r, oder b mit $n = 1$. ■ Versuch, r, \hat{x}, oder $\bar{x}w$ nur mit x-Daten zu berechnen (alle y-Werte gleich Null). ■ Versuch, \hat{x}, \hat{y}, r, m, oder b mit lauter gleichen x-Werten zu berechnen.

TOO BIG	Der Betrag der Zahl ist zu groß, um in eine Hexadezimal-, eine Oktal- oder eine Dualzahl konvertiert werden zu können. Die Zahl muß im Bereich $-34\ 359\ 738\ 368 \leq n \leq 34\ 359\ 738\ 367$ liegen.
XEQ OVERFLOW	Ein laufendes Programm versuchte, ein achttes verschachteltes XEQ <i>Label</i> auszuführen. (Eine Verschachtelung von Unterprogrammen ist in bis zu sieben Ebenen möglich.) Da SOLVE und \int FN jeweils eine Ebene verwenden, kann dieser Fehler auch von diesen Operationen verursacht werden.
YES	Die abgefragte Bedingung ist "wahr". (Tritt nur bei Aufruf über das Tastenfeld auf.)

Meldungen des Selbsttests:

32SII-OK	Selbsttest und Tastaturtest fehlerfrei.
32SII-FAIL <i>n</i>	Der Selbsttest oder der Tastaturtest haben einen Fehler gefunden, der Rechner muß repariert werden.
COPR. HP 87,90	Copyright-Meldung nach erfolgreicher Durchführung des Selbsttests.

Verzeichnis der Operationen

Dieser Abschnitt stellt eine Kurzanleitung für alle Funktionen und Operationen dar. Die Auflistung erfolgt in alphabetischer Reihenfolge (sofern ein eindeutiger Funktionsname existiert). Dieser Name ist derjenige, welcher in Programmzeilen verwendet wird, also beispielsweise `FIX n` für die Funktion, die mit der Tastenfolge \leftarrow **DISP** {FX} `n` ausgeführt wird.

Bei Funktionen, die nicht programmierbar sind, wird der Name in einem Tastensymbol dargestellt, z.B. \oplus . Funktionen, die nicht mit einem Alphazeichen beginnen, erscheinen am Anfang der Auflistung; ist den Funktionsnamen ein Pfeil vorangestellt (z.B. \rightarrow DEG), so wird dieser für die Sortierung ignoriert.

Die Bedeutung der letzten, mit * markierten Spalte wird am Ende des Verzeichnisses erläutert.

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
+/-	$\oplus/-$ Vorzeichenwechsel einer Zahl.	1-12	1
+	\oplus Addition. Addiert $y + x$.	1-16	1
-	\ominus Subtraktion. Subtraktion von $y - x$.	1-16	1
x	\otimes Multiplikation. Multipliziert $y \times x$.	1-16	1
÷	\oslash Division. Dividiert $y \div x$.	1-16	1
^	\otimes^x Potenzfunktion. Kennzeichnet den Exponenten.	6-19	2

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
	Löscht das zuletzt eingetippte Zeichen; löscht x ; löscht eine Menüwahl; löscht bei der Gleichungseingabe die zuletzt eingegebene Funktion; startet die Bearbeitung einer Gleichung; löscht einen Programmschritt.	1-3, 1-8, 6-4, 12-8	
	Zeigt den vorhergehenden Katalogeintrag an; zeigt die vorhergehende Gleichung innerhalb der Gleichungsliste an; setzt den Programmzeiger auf die vorhergehende Programmzeile.	1-25, 6-4, 12-23	
	Zeigt den nächsten Katalogeintrag an; zeigt die nächste Gleichung innerhalb der Gleichungsliste an; setzt den Programmzeiger auf die nächste Zeile (während der Programmeingabe); führt die momentan angezeigte Programmzeile aus (nicht während der Programmingabe).	1-25, 6-4, 12-12, 12-23	
$1/x$	<i>Kehrwert.</i>	1-15	1
10^x	<i>Zehnerpotenz.</i> Potenziert 10 mit x .	4-2	1
%	<i>Prozent.</i> Berechnet $(y \times x) \div 100$.	4-6	1
%CHG	<i>Prozentuale Änderung.</i> Berechnet $(x - y)(100 \div y)$.	4-6	1
π	Zeigt den Näherungswert 3,14159265359 (12 Stellen) an.	4-3	1

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
$\Sigma+$	$\boxed{\Sigma+}$ Akkumuliert (y, x) in den Statistikregistern.	11-2	
$\Sigma-$	$\boxed{\leftarrow} \boxed{\Sigma-}$ Löscht die Summation (y, x) in den Statistikregistern.	11-2	
Σx	$\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{SUMS}} \{x\}$ Zeigt die Summe der x -Werte an.	11-14	1
Σx^2	$\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{SUMS}} \{x^2\}$ Zeigt die Summe der Quadrate der x -Werte an.	11-14	1
Σxy	$\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{SUMS}} \{xy\}$ Zeigt die Summe der Produkte der x - und y -Werte an.	11-14	1
Σy	$\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{SUMS}} \{y\}$ Zeigt die Summe der y -Werte an.	11-14	1
Σy^2	$\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{SUMS}} \{y^2\}$ Zeigt die Summe der Quadrate der y -Werte an.	11-14	1
σx	$\boxed{\rightarrow} \boxed{s, \sigma} \{\sigma x\}$ Zeigt die Standardabweichung der x -Werte einer Grundgesamtheit an: $\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \div n}$.	11-7	1
σy	$\boxed{\rightarrow} \boxed{s, \sigma} \{\sigma y\}$ Zeigt die Standardabweichung der y -Werte einer Grundgesamtheit an: $\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2 \div n}$.	11-7	1
$\theta, r \rightarrow y, x$	$\boxed{\rightarrow} \boxed{\rightarrow y, x}$ Konvertiert Polarkoordinaten (r, θ) in Rechteckkoordinaten (x, y) .		

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
\int FN d Variable	$\left[\int \right] \{ \int \text{FN d } _ \} \text{ Variable}$ Integriert die angezeigte Gleichung oder die durch FN= programmierte Funktion mit dem Wert im Y-Register als unterer Grenze und dem Wert im X-Register als oberer Grenze für die Integrationsvariable.	8-2, 14-10	
($\left[(\right]$ linke Klammer. Beginn des Arguments einer vorangestellten Funktion.	6-7	2
)	$\left[) \right]$ Rechte Klammer. Ende des Arguments einer vorangestellten Funktion.	6-7	2
A bis Z	$\left[\text{RCL} \right]$ Variable oder $\left[\text{STO} \right]$ Variable Wert einer benannten Variablen.	6-5	2
ABS	$\left[\text{ABS} \right]$ Betrag. Zeigt $ x $ an.	4-16	1
ACOS	$\left[\text{ACOS} \right]$ Arcuscosinus.	4-4	1
ACOSH	$\left[\text{HYP} \right] \left[\text{ACOS} \right]$ Arcuscosinus hyperbolicus.	4-6	1
ALOG	$\left[10^x \right]$ Zehnerpotenz. Potenziert 10 mit dem angegebenen Wert (Umkehrfunktion des Logarithmus).	6-21	2

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
ALL	<p>⬅️ [DISP] {ALL}</p> <p>Legt als Anzeigeformat die Anzeige aller signifikanten Stellen fest.</p>	1-18	
ASIN	<p>⬅️ [ASIN] <i>Arcussinus.</i></p>	4-4	1
ASINH	<p>⬅️ [HYP] ⬅️ [ASIN]</p> <p><i>Arcussinus hyperbolicus.</i></p>	4-6	1
ATAN	<p>⬅️ [ATAN] <i>Arcustangens.</i></p>	4-4	1
ATANH	<p>⬅️ [HYP] ⬅️ [ATAN]</p> <p><i>Arcustangens hyperbolicus.</i></p>	4-6	1
b	<p>➡️ [L.R.] {b}</p> <p>Zeigt den <i>y</i>-Achsen Schnittpunkt der Regressionsgeraden an: $\bar{y} - m\bar{x}$.</p>	11-10	1
⬅️ [BASE]	<p>Zeigt das Menü der Zahlensysteme an.</p>	10-1	
BIN	<p>⬅️ [BASE] {BN}</p> <p>Wählt das Dualsystem (Basis 2).</p>	10-1	
Ⓢ	<p>Schaltet den Rechner ein; löscht <i>x</i>; löscht Meldungen und Eingabeaufforderungen; hebt Menüs, Kataloganzeigen, Gleichungseingabe- und Programmeingabe-Modus auf; unterbricht die Ausführung einer Funktion oder eines Programms.</p>	1-1, 1-3, 1-8, 1-24, 6-4, 12-8, 12-23	

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
/c	<i>Nenner</i> . Legt x als maximalen Nenner für angezeigte Brüche fest. Wenn $x=1$ ist, wird der aktuelle Wert für /c angezeigt.	5-6	
→°C	°C Konvertiert °F in °C.	4-13	1
CF n	{CF} n Löscht (clears) Flag n ($n = 0$ bis 11).	13-12	
	Zeigt das Menü zum Löschen von Zahlen oder Teilen des Speichers an; löscht die bezeichnete Variable oder das bezeichnete Programm aus einem Katalog MEM; löscht die angezeigte Gleichung.	1-4	
{ALL}	Löscht alle gespeicherten Daten, Gleichungen und Programme.	1-25	
{PGM}	Löscht alle Programme (Der Rechner ist im Programmeingabe-Modus).	12-27	
{EQN}	Löscht die angezeigte Gleichung (Der Rechner ist im Gleichungseingabe-Modus).	12-8	
CLΣ	{Σ} Löscht die Statistikregister.	11-15	
CLVARS	{VARS} Setzt alle Variablenwerte auf Null.	3-5	
CL x	{ x } Setzt den Wert von x (den Wert im X-Register) auf Null.	2-2, 2-7, 12-8	

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
→CM	Wandelt Zoll in Zentimeter um.	4-13	1
	Zeigt den Vorsatz CMPLX_ für komplexe Funktionen an.	9-3	
CMPLX+/-	Vorzeichenwechsel bei komplexen Zahlen. Ergibt $-(z_x + iz_y)$.	9-3	
CMPLX+	Komplexe Addition. Ergibt $(z_{1x} + iz_{1y}) + (z_{2x} + iz_{2y})$.	9-4	
CMPLX-	Komplexe Subtraktion. Ergibt $(z_{1x} + iz_{1y}) - (z_{2x} + iz_{2y})$.	9-4	
CMPLX×	Komplexe Multiplikation. Ergibt $(z_{1x} + iz_{1y}) \times (z_{2x} + iz_{2y})$.	9-4	
CMPLX÷	Komplexe Division. Ergibt $(z_{1x} + iz_{1y}) \div (z_{2x} + iz_{2y})$.	9-4	
CMPLX1/x	Komplexer Kehrwert. Ergibt $1/(z_x + iz_y)$.	9-3	
CMPLXCOS	Komplexer Cosinus. Ergibt $\cos(z_x + iz_y)$.	9-3	

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
CMPLX e^x	<p> \leftarrow CMPLX e^x <i>Komplexe natürliche Exponentialfunktion.</i> Ergibt $e^{(z_x + iz_y)}$. </p>	9-3	
CMPLXLN	<p> \leftarrow CMPLX LN <i>Komplexer natürlicher Logarithmus.</i> Ergibt $\log_e (z_x + iz_y)$. </p>	9-3	
CMPLXSIN	<p> \leftarrow CMPLX SIN <i>Komplexer Sinus.</i> Ergibt $\sin (z_x + iz_y)$. </p>	9-3	
CMPLXTAN	<p> \leftarrow CMPLX TAN <i>Komplexer Tangens.</i> Ergibt $\tan (z_x + iz_y)$. </p>	9-3	
CMPLX y^x	<p> \leftarrow CMPLX y^x <i>Komplexe Potenzfunktion.</i> Ergibt $(z_{1x} + iz_{1y})^{(z_{2x} + iz_{2y})}$. </p>	9-4	
$C_{n,r}$	<p> \rightarrow PROB $\{C_{n,r}\}$ <i>Teilmengen mit r Elementen aus einer Menge mit n Elementen.</i> Ergibt $n! \div (r! (n - r)!)$. </p>	4-14	1
COS	<p> COS <i>Cosinus.</i> </p>	4-4	1
COSH	<p> \leftarrow HYP COS <i>Cosinus hyperbolicus.</i> </p>	4-6	1
DEC	<p> \leftarrow BASE $\{DEC\}$ Wählt das Dezimalsystem (Basis 10). </p>	10-1	

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
DEG	 MODES {DG} Wählt Grad als Winkelmaß.	4-4	
→DEG	  DEG <i>Bogenmaß nach Grad.</i> Liefert $(360/2\pi)x$.	4-12	1
 DISP	Anzeige des Menüs zur Auswahl des Anzeigeformates.	1-18	
DSE <i>Variable</i>	 DSE <i>Variable</i> <i>Dekrement, Skip if Equal or less.</i> Schleifensteuerung durch den in einer Variablen gespeicherten Steuerwert <i>cccccc.fffii</i> , hierbei wird die Schrittweite <i>ii</i> von dem Schleifenzählwert <i>cccccc</i> abgezogen und mit dem Endwert <i>fff</i> verglichen. Wenn das Ergebnis \leq <i>fff</i> (Endwert) ist, wird die nächste Programmzeile übersprungen.	13-18	
E	Beginnt mit der Eingabe des Exponenten und stellt den Buchstaben "E" der Zahl voran. Zeigt an, daß eine Zehnerpotenz folgt.	1-13	1
ENG <i>n</i>	 DISP {EN} <i>n</i> Legt das technische Anzeigeformat mit <i>n</i> Stellen, die auf die erste Ziffer folgen, fest ($n = 0$ bis 11).	1-19	
ENTER	Trennt zwei nacheinander eingegebene Zahlen; schließt die Gleichungseingabe ab; wertet die angezeigte Gleichung aus (speichert das Ergebnis, falls gewünscht).	1-14, 6-5, 6-15	

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
ENTER	ENTER Kopiert x ins Y-Register, schiebt y ins Z-Register, schiebt z ins T-Register, wobei dessen alter Inhalt verloren geht.	2-6	
→ EQN	Aktiviert oder verläßt den Gleichungseingabe-Modus (schaltet um).	6-4, 12-7	
e^x	e^x <i>Natürliche Exponentialfunktion.</i> Ergibt e potenziert mit x .	4-2	1
EXP	e^x <i>Natürliche Exponentialfunktion.</i> Ergibt e potenziert mit dem angegebenen Wert.	6-21	2
$\rightarrow^\circ\text{F}$	→ $^\circ\text{F}$ Konvertiert $^\circ\text{C}$ in $^\circ\text{F}$.	4-13	1
← FDISP	Schaltet den Bruchdarstellungs-Modus an und aus.	5-1	
FIX n	← DISP {FX} n Legt für die Anzeige das Festkommaformat mit n Dezimalstellen fest: $0 \leq n \leq 11$.	1-18	
→ FLAGS	Zeigt das Menü zum Setzen, Löschen und Prüfen von Flags an.	13-12	
FN= <i>Label</i>	→ FN= <i>Label</i> Wählt das mit dem <i>Label</i> benannte Programm als aktuelle Funktion (für SOLVE und \int FN).	14-1, 14-8	

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
FP	 PARTS {FP} Gebrochener Teil von x .	4-16	1
FS? n	 FLAGS {FS?} n Wenn das Flag n ($n = 1$ bis 11) gesetzt ist, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt; wenn das Flag n gelöscht ist, wird die nächste Programmzeile übersprungen.	13-12	
→GAL	  gal Konvertiert Liter in Gallonen.	4-13	1
GRAD	 MODES {GR} Legt Grad als Winkelmaß fest.	4-4	
GTO <i>Label</i>	 GTO <i>Label</i> Setzt den Programmzeiger auf den Beginn des Programms <i>Label</i> im Programmspeicher.	13-4, 13-17	
 GTO  <i>Label</i> nn	Setzt den Programmzeiger auf die Zeile nn des Programms <i>Label</i> .	12-23	
 GTO  	Setzt den Programmzeiger auf PRGM TOP.	12-23	
HEX	 BASE {HX} Wählt das Hexadezimalsystem (Basis 16).	10-1	
 HYP	Zeigt den Vorsatz HYP_ für hyperbolische Funktionen an.	4-6	
→HMS	  HMS <i>Dezimalstunden nach Stunden-Minuten-Sekunden.</i> Konvertiert x von einem Dezimalbruch in das Stunden-Minuten-Sekunden-Format.	4-11	1

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
→HR	  HR <i>Stunden-Minuten-Sekunden in Stunden.</i> Konvertiert x vom Stunden-Minuten-Sekunden-Format in einen Dezimalbruch.	4-11	1
i	 i oder  i Wert der Variablen i .	6-5	2
(i)	 (i) oder  (i) <i>Indirekte Adressierung.</i> Wert der Variablen, die durch den Wert in der Variablen i adressiert wurde.	6-5, 13-22	2
→IN	  Konvertiert Zentimeter in Zoll.	4-13	1
INPUT Variable	  Variable Ruft den Wert der Variablen in das X-Register, zeigt den Variablennamen sowie den Wert an und unterbricht die Programmausführung. Durch Drücken von  (zur Fortsetzung der Programmausführung) oder   (zur Ausführung der momentanen Programmzeile) wird Ihre Eingabe in der Variablen gespeichert. (Nur innerhalb von Programmen.)	12-15	
INV	 Kehrwert des Arguments.	6-22	2
IP	  {IP} <i>Ganzzahliger Teil von x.</i>	4-16	1

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
ISG Variable	<p>← ISG Variable <i>Inkrement, Skip if Greater.</i> Schleifensteuerung durch den in einer Variablen gespeicherten Steuerwert <i>cccccc.fffii</i>, hierbei wird die Schrittweite <i>ii</i> zu dem Schleifenzählwert <i>cccccc</i> addiert und mit dem Endwert <i>fff</i> verglichen. Wenn das Ergebnis $> fff$ ist, wird die nächste Programmzeile übersprungen.</p>	13-18	
→KG	<p>← →kg Konvertiert Pfund in Kilogramm.</p>	4-13	1
→L	<p>← →l Konvertiert Gallonen in Liter.</p>	4-13	1
LAST x	<p>← LAST x Kopiert die im LAST-X-Register gespeicherte Zahl ins X-Register.</p>	2-9	
→LB	<p>→ →lb Konvertiert Kilogramm in Pfund.</p>	4-13	1
LBL Label	<p>← LBL Label Gibt einem Programm einen einzelnen Buchstaben als Label für die Operationen XEQ, GTO oder FN=. (Nur innerhalb von Programmen.)</p>	12-3	
LN	<p>LN Natürlicher Logarithmus</p>	4-2	1
LOG	<p>← LOG Dekadischer Logarithmus</p>	4-2	1

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
 L.R.	Anzeige des Menüs für die Lineare Regression.	11-5	
m	 L.R. {n} Liefert die Steigung der Regressionsgeraden: $[\Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})] \div \Sigma(x_i - \bar{x})^2.$	11-10	1
 MEM	Zeigt den freien Speicherbereich und das Menü der Kataloge an.	1-24	
 MEM {PGM}	Startet die Auflistung des Programmkatalogs.	12-26	
 MEM {VAR}	Startet die Auflistung des Variablenkatalogs.	3-4	
 MODES	Anzeige des Menüs zur Festlegung des Winkelmaßes und des Dezimalzeichens.	1-18, 4-4	
n	 SUMS {n} Gibt die Anzahl der Sätze von Datenpunkten an.	11-14	1
OCT	 BASE {OC} Wählt das Oktalsystem (Basis 8)	10-1	
 OFF oder  OFF	Schaltet den Rechner aus.	1-1	
 PARTS	Zeigt das Menü zum Wählen von Teilen von Zahlen an.	4-16	
P _{n,r}	 PROB {P _{n,r} } <i>Anzahl der Permutationen</i> des Umfangs <i>r</i> aus einer Menge mit <i>n</i> Elementen. Ergibt $n! \div (n - r)!$.	4-14	1

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
 PRGM	Aktiviert oder verläßt den Programmeingabe-Modus (schaltet um).	12-6	
 PROB	Anzeige des Menüs der Wahrscheinlichkeitsfunktionen.	4-14	
PSE	 PSE <i>Pause.</i> Hält die Programmausführung kurzzeitig an: zur Anzeige von x , einer Variablen oder eines Programms; setzt die Programmausführung danach fort. (Nur innerhalb von Programmen.)	12-21, 12-22	
r	 L.R. { r } Liefert den Korrelationskoeffizienten der x - und y -Werte: $\frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2}}$	11-10	1
RAD	 MODES {RD} Wählt das Bogenmaß als Winkelmaß.	4-4	
→RAD	 →RAD <i>Grad in Bogenmaß.</i> Ergibt $(2\pi/360)x$.	4-12	1
RADIX,	 MODES {,} Wählt das Komma als Dezimalzeichen.	1-18	
RADIX.	 MODES {.} Wählt den Punkt als Dezimalzeichen.	1-18	
RANDOM	 PROB {R} Liefert eine Zufallszahl im Bereich von 0 bis 1.	4-14	1

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
RCL Variable	RCL Variable zurückrufen. Kopiert den Wert der Variablen in das X-Register.	3-2	
RCL+ Variable	RCL + Variable Ergibt $x + \text{Variable}$.	3-7	
RCL- Variable	RCL - Variable. Ergibt $x - \text{Variable}$.	3-7	
RCL× Variable	RCL × Variable. Ergibt $x \times \text{Variable}$.	3-7	
RCL÷ Variable	RCL ÷ Variable. Ergibt $x \div \text{Variable}$.	3-7	
RND	RND Runden. Rundet x auf n Dezimalstellen im Anzeigemodus FIX n ; auf $n + 1$ signifikante Stellen im Anzeigemodus SCI n oder ENG n ; oder im Bruchdarstellungs-Modus auf die Dezimalzahl, die dem angezeigten Bruch am nächsten liegt.	4-16, 5-9	1
RTN	RTN Zurück. Markiert das Ende eines Programms; der Programmzeiger kehrt zum Anfang des Programms oder zum aufrufenden Programm zurück.	12-4, 13-2	
R↓	R↓ Rollen nach unten. Schiebt t in das Z-Register, z in das Y-Register, y in das X-Register und x in das T-Register.	2-3	

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
R↑	  <i>Rollen nach oben.</i> Schiebt t in das X-Register, z in das T-Register, y in das Z-Register und x in das Y-Register.	2-3	
 	Anzeige des Menüs für die Standardabweichung.	11-4	
SCI n	  {SC} n Wählt das wissenschaftliche Anzeigeformat mit n Dezimalstellen. ($n \leq 0 \leq 11$.)	1-19	
 	<i>Blättern.</i> Sperrt oder gibt die Möglichkeit des Durchblätterns von Gleichungen im Gleichungseingabe- oder Programmeingabemodus frei.	6-8, 12-7	
SEED	  {SD} Start der Zufallszahlen-Sequenz mit dem Startwert $ x $.	4-14	
SF n	  {SF} n Setzt Flag n ($n \leq 0 \leq 11$).	13-12	
 	Anzeige der ganzen Mantisse (alle 12 Stellen) von x (oder der Zahl in der aktuellen Programmzeile); Anzeige der Prüfsumme (hexadezimal) oder der Länge (dezimal in Byte) von Gleichungen und Programmen.	1-20, 6-24, 12-26	
SIN	 <i>Sinus.</i>	4-4	1
SINH	   <i>Sinus hyperbolicus.</i>	4-6	1

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
SOLVE <i>Variable</i>	\rightarrow (SOLVE) <i>Variable</i> Löst die angezeigte Gleichung oder die mit FN= programmierte Funktion mit den in <i>Variable</i> und <i>x</i> gespeicherten Anfangsnäherungen	7-2, 14-1	
(SPACE)	(R/S) Einfügen einer Leerstelle während der Gleichungseingabe.	6-7	2
SQ	\leftarrow (x ²) <i>Quadrat.</i>	6-21	2
SQRT	(\sqrt{x}) <i>Quadratwurzel.</i>	1-15	1
STO <i>Variable</i>	(STO) <i>Variable</i> <i>Speichern.</i> Kopiert den Wert <i>x</i> in die <i>Variable</i> .	3-2	
STO+ <i>Variable</i>	(STO) (+) <i>Variable</i> Speichert die Summe <i>Variable</i> + <i>x</i> in der <i>Variablen</i> .	3-7	
STO- <i>Variable</i>	(STO) (-) <i>Variable</i> Speichert die Differenz <i>Variable</i> - <i>x</i> in der <i>Variablen</i> .	3-7	
STO× <i>Variable</i>	(STO) (×) <i>Variable</i> Speichert das Produkt <i>Variable</i> × <i>x</i> in der <i>Variablen</i> .	3-7	
STO÷ <i>Variable</i>	(STO) (÷) <i>Variable</i> Speichert den Quotienten <i>Variable</i> ÷ <i>x</i> in der <i>Variablen</i> .	3-7	
STOP	(R/S) <i>Run/stop.</i> Beginnt mit der Programmausführung in der momentan angezeigten Programmzeile; hält ein laufendes Programm an und zeigt den Inhalt des X-Registers an.	12-21	

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
 SUMS	Anzeige des Menüs der Summenregister.	11-5	
<i>st</i>	 s,σ { <i>sx</i> } Liefert die Standardabweichung der <i>x</i> -Werte: $\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \div (n - 1)}$	11-7	1
<i>sy</i>	 s,σ { <i>sy</i> } Liefert die Standardabweichung der <i>y</i> -Werte: $\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2 \div (n - 1)}$	11-7	1
TAN	TAN <i>Tangens</i>	4-4	1
TANH	 HYP TAN <i>Tangens hyperbolicus</i>	4-6	1
VIEW <i>Variable</i>	 VIEW <i>Variable</i> Anzeige des Inhalts von <i>Variable</i> zusammen mit dem Variablennamen, ohne den Wert wieder in den Stack zu laden.	3-3, 12-17	
XEQ	Auswertung der angezeigten Funktion.	6-16	
XEQ <i>Label</i>	XEQ <i>Label</i> Ausführung des mit <i>Label</i> benannten Programms.	13-2	
x^2	 x² <i>x</i> zum Quadrat.	4-2	1
$\sqrt[x]{y}$	 √y <i>Die x^{te} Wurzel von y.</i>	4-3	1

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
\bar{x}	$\left[\rightarrow \right] \left[\bar{x}, \bar{y} \right] \{ \bar{x} \}$ Liefert den Mittelwert der x -Werte: $\Sigma x_i \div n$.	11-5	1
\hat{x}	$\left[\rightarrow \right] \left[\text{L.R.} \right] \{ \hat{x} \}$ Zu einem y -Wert im X-Register wird der zugehörige Vorhersagewert \hat{x} mit Hilfe der <i>Regressionsgeraden</i> : $\hat{x} = (y - b) \div m$ berechnet.	11-10	1
$x!$	$\left[\leftarrow \right] \left[x! \right]$ <i>Fakultät</i> (oder die Gammafunktion). Liefert $(x)(x - 1) \dots (2)(1)$, oder $\Gamma(x + 1)$.	4-13	1
XROOT	$\left[\leftarrow \right] \left[\sqrt[y]{} \right]$ a -te Wurzel aus b ; $a =$ <i>Argument</i> ₁ , $b =$ <i>Argument</i> ₂ .	6-21	2
$\bar{x}w$	$\left[\rightarrow \right] \left[\bar{x}, \bar{y} \right] \{ \bar{x}w \}$ Liefert das gewichtete Mittel der x -Werte: $(\Sigma y_i x_i) \div \Sigma y_i$.	11-5	1
$\left[\rightarrow \right] \left[\bar{x}, \bar{y} \right]$	Anzeige des Menüs der Mittelwerte.	11-5	
$x \langle \rangle$ Variable	$\left[\rightarrow \right] \left[x \right] \left[\right]$ <i>Vertauschen von x.</i> Vertauscht den Wert von x mit dem einer Variablen.	3-8	
$x \langle \rangle y$	$\left[\leftarrow \right] \left[x \right] \left[\right] \left[y \right]$ <i>Vertauschen von x und y.</i> Vertauscht die Inhalte von X- und Y-Register.	2-4	
$\left[\leftarrow \right] \left[x?y \right]$	Anzeige des Menüs zum Vergleichstest " $x?y$ ".	13-7	
$x \neq y?$	$\left[\leftarrow \right] \left[x?y \right] \{ \neq \}$ Wenn gilt $x \neq y$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.	13-7	

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
$x \leq y?$	  {≤} Wenn gilt $x \leq y$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.	13-7	
$x < y?$	  {<} Wenn gilt $x < y$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.	13-7	
$x > y?$	  {>} Wenn gilt $x > y$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.	13-7	
$x \geq y?$	  {≥} Wenn gilt $x \geq y$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.	13-7	
$x = y?$	  {=} Wenn gilt $x = y$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.	13-7	
 	Anzeige des Menüs für den Vergleichstest " $x?0$ ".	13-7	
$x \neq 0?$	  {≠} Wenn gilt $x \neq 0$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.	13-7	

Name	Tastensequenz und Beschreibung	Seite	*
$x \leq 0?$	<p>  {≤}</p> <p>Wenn gilt $x \leq 0$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.</p>	13-7	
$x < 0?$	<p>  {<}</p> <p>Wenn gilt $x < 0$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.</p>	13-7	
$x > 0?$	<p>  {>}</p> <p>Wenn gilt $x > 0$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.</p>	13-7	
$x \geq 0?$	<p>  {≥}</p> <p>Wenn gilt $x \geq 0$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.</p>	13-7	
$x = 0?$	<p>  {=}</p> <p>Wenn gilt $x = 0$, dann wird die nächste Programmzeile ausgeführt, andernfalls übersprungen.</p>	13-7	

Name	Tastenfolge und Beschreibung	Seite	*
\bar{y}	$\rightarrow \bar{x}, \bar{y} \{ \bar{y} \}$ Ergibt den Mittelwert der y -Werte: $\Sigma y_i \div n$.	11-5	1
\hat{y}	$\rightarrow \text{L.R.} \{ \hat{y} \}$ Zu einem gegebenen x -Wert im X-Register wird ein Vorhersagewert \hat{y} mit Hilfe der Regressionsgeraden bestimmt: $\hat{y} = mx + b$.	11-10	1
$y, x \rightarrow \theta, r$	$\leftarrow \rightarrow \theta, r$ Konvertiert Rechteckkoordinaten (x, y) in Polarkoordinaten (r, θ).	4-8	
y^x	y^x Potenzfunktion. Erhebt y zur x^{ten} Potenz.	4-2	1

Anmerkungen:

1. Die Funktion kann in Gleichungen verwendet werden.
2. Die Funktion taucht nur in Gleichungen auf.



Stichwortverzeichnis

Sonderzeichen

▲, 1-24

☐ Indikator, 1-1, A-3

← → Indikatoren

Dualzahlen, 10-8

Gleichungen, 6-9, 12-7, 12-18

☐ ☐ Indikatoren, 1-2

▼ Indikator

Menüs, 1-5

Verschieben, 6-9, 12-7, 12-18

▼▲ Indikator

bei Brüchen, 5-2, 5-4

in Brüchen, 3-5

in Katalogen, 3-5, 5-5

○ (in Brüchen), 1-21, 5-1

⊕/⊖, 1-12

%-Funktionen, 4-6

π , 4-3, A-2

A

Abfragen, 13-13, 13-17, 14-8

Abschätzung (statistische), 11-9

Absolutwert (Reelle Zahl), 4-16

Achsenabschnitt

(Kurvenanpassung), 11-10,
16-1

Adressierung

Indirekt, 13-21, 13-22, 13-23

ALL-Format

bei Gleichungen, 6-6

Einstellen, 1-19

in Programmen, 12-7

Alphazeichen, 1-2

Antworten auf Fragen, A-1

Anzeige

Funktionsnamen, 4-16

Indikatoren, 1-9

Kontrasteinstellung, 1-1

X-Register, 2-2

Anzeigeformat

Einfluß auf das Runden, 4-16

Einfluß auf die Integration,
8-2, 8-8, 8-9

Einfluß auf Zahlen, 1-18

Festlegen, 1-18

Grundeinstellung, B-5

Punkt und Komma, 1-18,
A-1

Arithmetik

Ablauf im Stack, 2-5

Ablauf im Stack bei komplexen
Zahlen, 9-2

dual, 10-3

hexadezimal, 10-3

lange Rechnungen, 2-13

mit komplexen Zahlen, 9-4

oktal, 10-3

Reihenfolge der

Rechenschritte, 2-17

Vorgehen allgemein, 1-15

Zwischenergebnisse, 2-13

Asymptoten von Funktionen,
C-11

Aufruf von Programmen, 12-11

Ausführen eines Programms,
12-11

A..Z Indikator, 1-2, 3-2

B

Barwert (Finanzrechnung), 17-1

Batterien, 1-1, A-3

Besselsche Funktion, 8-3

beste Regression, 16-1

Binärzahlen

Verschieben, 10-8

BIN Indikator, 10-1

Bogenmaß

Konvertierung in Grad, 4-12

Winkeleinheiten, 4-3

Winkelmaß, A-2

Bruchdarstellung

einschalten, 1-23, 5-1

Rundung, 5-9

Brüche, 3-4

Anzeige, 5-1, 5-2

Anzeigen des ganzzahligen
Teils, 5-5

Darstellung, 1-23, 5-6

Darstellung durch VIEW,
12-17

eingeben, 1-21, 5-1

Flags, 5-7, 13-10

Formate, 5-7

Format festlegen, 13-10, 13-14

Genauigkeitsindikator, 5-2,
5-4

Gleichungen, 5-11

in Programmen, 5-11, 13-10

kürzen, 5-3, 5-7

Nenner, 1-21, 5-6, 5-7, 13-10,
13-14

Rechnen mit, 5-1

Runden, 5-5, 5-9

und Programme, 12-17

Wahl des Formats, 5-7

Zahlensystem, 5-2

Buchstabentasten, 1-2

C

(C)

Anhalten der Integration,
8-2, 14-10

Anhalten von SOLVE, 7-10,
14-1

Ein- und Ausschalten des
Rechners, 1-1

Kontrasteinstellung, 1-1

Löschen des X-Registers, 2-8

Löschen von
Eingabeaufforderungen,
1-3, 6-18, 12-17

Löschen von VIEW, 3-4

Löschen X-Register, 2-2

Meldungen löschen, 1-3, E-1

Unterbrechen von
Programmen, 12-22

Verlassen des
Gleichungsmodus, 6-4,
6-5

Verlassen
des Programmeingabe-
Modus, 12-7, 12-8

Verlassen eines Kataloges,
1-3, 3-5

Verlassen eines Menüs, 1-3,
1-8

Wirkungsweise, 1-3

%CHG Argumente, 4-7

CLEAR-Menü, 1-4

(CMPLX), 9-1, 9-3

Cosinus (trig), 4-4, 9-3

Cursor

bei Gleichungseingabe, 6-6

bei Zifferneingabe in
Gleichungen, 6-6

Rückschritt, 1-3

/c-Wert, 5-6

D

Dauerspeicher, 1-1

Dezimalpunkt, A-1

Dezimalzeichen, 1-18, A-1

DISP-Menü, 1-18

“do if true”, 13-6, 14-8

DSE, 13-18

Dualzahl

Anzeige aller Stellen, 3-5

Wertebereich, 10-7

Dualzahlen

Anzeige aller Stellen, 10-8

Arithmetik, 10-3

Eingabe, 10-1

Umwandlung in, 10-1

E

E (Exponent), 1-13

Eingabeaufforderung

Löschen, 1-3

Eingabeaufforderungen

Anzeige nicht sichtbarer
Stellen, 12-17

Anzeige verdeckter Stellen,
6-18

Einfluß auf den Stack, 6-18,
12-15

in Gleichungen, 6-18

in programmierten
Gleichungen, 13-11,
14-2, 14-11

INPUT, 12-15, 12-16, 14-2,
14-11

Löschen, 6-18, 12-17

Reaktion, 6-18, 12-16

Einheitenkonvertierung, 4-13

ein- und ausschalten, 1-1

Einwertige Statistik, 11-2

E in Zahlen, 1-12, 1-19, A-2

Einzelschritt-Ausführung, 12-12

Endwert (Finanzrechnung),
17-1

ENG-Format, 1-19

ENTER

Auswerten von Gleichungen,
6-13, 6-15

Beenden von Gleichungen,
12-7

Duplizieren von Zahlen, 2-6

Gleichungseingabe beenden,
6-5, 6-10, 6-11

Kopieren der angezeigten
Zahl, 12-17

Löschen des Stacks, 2-6

Wirkung auf den Stack, 2-6

Zahlentrennung, 1-14, 1-16,
2-6

EQN Indikator

im Programmeingabe-Modus,
12-7

EQN LIST TOP, 6-8, E-2

Exponentialfunktionen, 1-14,
4-2, 9-3

exponentielles Kurvenmodell,
16-1

F

Fakultätfunktion, 4-13

FDISP

Anzeigemodus umschalten,
1-23

Bruchdarstellung einschalten,
5-1

nicht programmierbar, 5-11

schaltet Anzeigemodus um,
A-2

schaltet Flag ein oder aus,
13-10

Fehler

Berichtigung, E-1

Korrektur, 2-9
 Löschen, 1-3
 Fehlerbeseitigung, A-6
 Fehlermeldungen, E-1
 Fenster (Dualzahlen), 10-8
 Finanzrechnungen, 17-1
 FIX-Format, 1-18
 Flags
 Auswertung von Gleichungen,
 13-11
 Bedeutung, 13-9
 Bruchdarstellung, 5-7, 13-10
 Eingabeaufforderung in
 Gleichung, 13-11
 Grundeinstellungen, 13-9,
 B-5
 Indikatoren, 13-12
 Löschen, 13-12
 nicht definiert, 13-9
 Operationen, 13-12
 Prüfen, 13-9, 13-13
 Setzen, 13-12
 Überlauf, 13-9
 FLAGS Menü, 13-12
 Flußdiagramme, 13-2
 FN=
 Auflösen von programmierten
 Funktionen, 14-1
 in Programmen, 14-8, 14-13
 Integration von
 programmierten
 Funktionen, 14-10
 Fragen, A-1
 Funktionen
 einwertige, 1-15, 2-9, 9-3
 in Gleichungen, 6-6, 6-20,
 F-1
 in Programmen, 12-8
 komplexe Zahlen, 9-3
 Liste, F-1

Namen in der Anzeige, 4-16,
 12-8
 nicht programmierbare, 12-28
 reelle Zahl, 4-1
 Speicherbedarf, 12-25
 Speicherbenutzung, B-2
 zweiwertig, 2-10
 zweiwertige, 9-3
 Zweiwertige, 1-16
 Funktionsstörung beheben, A-5

G

Gammafunktion, 4-13
 Garantie, A-7
 Geld (Finanzen), 17-1
 Genauigkeit (Zahlen), 1-18,
 1-20, C-19
 gewichtetes Mittel, 11-5
 Gewichtskonvertierung, 4-13
 Gleichungen
 Anzeige, 6-8
 Anzeige in Programmen,
 12-18, 12-21, 13-11
 Arten, 6-12
 Auswertung, 6-13, 6-15, 6-16,
 7-8, 12-5, 13-11
 Bearbeitung, 6-10
 Bearbeitung in Programmen,
 12-8, 12-24
 Eingabe, 1-3, 6-10
 Eingabeaufforderung, 6-14
 Eingabeaufforderung für
 Werte, 6-18
 Eingabeaufforderung in
 Programmen, 13-11,
 14-2, 14-11
 Eingabe in Programme, 12-7
 Eintrag in Liste, 6-5
 Funktionen, 6-6, 6-20, F-1
 im Vergleich zu UPN, 6-21,
 12-4

in Programmen, 12-4, 12-7,
 12-28, 13-11
 Integration, 8-2
 keine Längenbegrenzung, 6-5
 keine Nullstelle, 7-9
 Klammersausdrücke, 6-7, 6-19
 lange, 6-9
 Länge, 6-24
 Längen, 12-7, B-2
 lineares System, 15-15
 löschen, 1-4
 Löschen in Programmen,
 12-8, 12-23
 lösen, 7-2, C-1
 Mehrfache Nullstellen, 7-10
 Meldungen, 12-18
 mit **(i)**, 13-26
 mit Variablen, 6-6
 Nullstellen, 7-1
 numerischer Wert, 6-13, 6-15,
 6-16, 7-1, 7-8, 7-9, 12-5
 Operationen
 Zusammenfassung, 6-4
 Polynome, 15-25
 Prüfsummen, 6-24, 12-7,
 12-28, B-2
 Rangfolge der Operatoren,
 6-19
 Speicherbedarf, 12-25
 Speicherbenutzung, B-2
 Speichern des Variablenwerts,
 6-15
 Stackbenutzung, 6-14
 Standarddarstellung, 6-6
 Steuerung der Auswertung,
 13-11
 Streichen, 6-11
 Syntax, 6-19, 6-23, 12-18
 TVM-Gleichung, 17-1
 und Brüche, 5-11
 Variablen, 7-1
 verändern, 6-11
 verschieben, 6-9, 12-7, 12-18
 Verwendung, 6-1, 17-1
 Zahlen, 6-6
 Zahlenbasis, 12-29
 Zahlensysteme, 6-14
 Gleichungen vom Typ Ausdruck,
 6-12, 6-14, 7-1
 Gleichungen vom Typ
 Gleichsetzung, 6-12, 6-14,
 7-1
 Gleichungen vom Typ
 Zuordnung, 6-12, 6-14,
 6-15, 7-1
 Gleichungseingabe
 Rückschrittaste, 1-3
 Verlassen, 1-3
 Gleichungseingabe-Cursor
 Löschen, 12-24
 Rückschritt, 1-3, 6-10
 Gleichungseingabe-Modus
 während der
 Programmeingabe, 12-7
 Gleichungsliste
 Anzeige, 6-8
 eintragen, 6-5
 im Gleichungsmodus, 6-4
 Indikator **EQN**, 6-5
 verändern, 6-11
 Zusammenfassung der
 Operationen, 6-4
 Gleichungsmodus
 Aktivierung, 6-8
 einschalten, 6-4
 Gleichungsliste anzeigen, 6-4
 Rückschritt, 6-10
 verlassen, 6-4
 Gon (Winkeleinheit), 4-3, A-2
 Grad
 Konvertierung in Bogenmaß,
 4-12

Winkleinheit, 4-3, A-2

GTO

Sprung nach PRGM TOP,
12-6, 12-25, 13-6

Sprung zu Programm-Labels,
12-12, 12-25, 13-6

Sprung zu Programmzeilen,
12-23, 12-25, 13-6

GTO, 13-5, 13-17

H

Hexadezimalzahlen

Arithmetik, 10-3

Eingeben, 10-1

Umwandlung in, 10-1

Wertebereich, 10-7

HEX Indikator, 10-1

Hilfe bei der Benutzung des
Rechners, A-1

Hornersches Schema, 12-30

Hyperbolische Funktionen, 4-6

I

i, 3-11, 13-21

(i), 3-11, 13-21, 13-22, 13-26

Imaginärteil (komplexe Zahlen),
9-1, 9-2

Indikator A..Z , 6-6

Indikatoren

Alpha, 1-2

Batterie, 1-1, A-3

Beschreibungen, 1-9

Flags, 13-12

Liste, 1-10

Schwache Batterien, 1-1, A-3

Umschalttasten, 1-2

Indikator EQN

bei Gleichungsliste, 6-5, 6-8

Indirekte Adressierung, 13-21,
13-22, 13-23

INPUT

Anzeige nicht sichtbarer
Stellen, 12-17

Eingabeaufforderungen
von Gleichungen in
Programmen, 13-11

Eingabe von Daten in
Programme, 12-15

Reaktion, 12-16

Integration

anhalten, 8-2, 14-10

Anwendung, 8-2

Anzeigeformat, 8-2, 8-8, 8-9

Auswerten einer
programmierten
Funktion, 14-10

benötigte Zeit, 8-8

Einschränkungen, 14-14

Ergebnisse im Stack, 8-2, 8-8

fortsetzen, 14-10

Funktionsweise, D-1

Genauigkeit, 8-2, 8-7, 8-8,
D-2

Grenzen, 8-2, 14-10, D-7

in Programmen, 14-13

Koordinatentransformation,
D-9

schwierige Funktionen, D-2,
D-7

Speicherbedarf, 8-2, 12-25

Speicherbenutzung, B-2, B-3

Standardeinstellung, 14-14

Teilintervalle, D-7, D-9

Ungenauigkeit des
Ergebnisses, 8-2, 8-8

unterbrechen, B-3

Variable, 8-2

Zahlenbasis, 12-29

Zeitbedarf, D-7

Zweck, 8-1

Integrationsgrenzen, 8-2, 14-10

ISG, 13-18

- K**
- Kataloge
 - Programme, 1-24, 12-26
 - Variablen, 1-24, 3-5
 - verlassen, 1-3
 - Verwendung, 1-24
 - Kehrwertfunktion, 1-15, 9-3
 - Kettenrechnungen, 2-13
 - Klammerausdrücke
 - in Gleichungen, 6-7, 6-19
 - Speicherbedarf, 12-25
 - Klammern
 - bei Berechnungen, 2-13
 - Kombinationen, 4-14
 - Kommas (in Zahlen), 1-18, A-1
 - Komplexe Zahlen
 - ansehen, 9-2
 - Eingabe, 9-1
 - im Stack, 9-2
 - Koordinatensysteme, 9-6
 - Operationen, 9-1, 9-3
 - Polynomnullstellen, 15-25
 - Konstante (Auffüllen des Stacks), 2-7
 - Kontrasteinstellung, 1-1
 - Konvertierung
 - Längeneinheiten, 4-13
 - Masseeinheiten, 4-13
 - Temperatureinheiten, 4-13
 - Volumeneinheiten, 4-13
 - Konvertierungen
 - Koordinaten, 4-8
 - Winkleinheiten, 4-12
 - Winkelformat, 4-11
 - Zeitformat, 4-11
 - Konvertierungsfunktionen, 4-8
 - Koordinaten
 - Konvertierung, 4-5, 4-8
 - Transformation, 15-1, 15-40
 - Koordinatentransformation
 - kartesisch-sphärisch, 15-1
 - sphärisch-kartesisch, 15-1
 - Körpergrößen, 11-8
 - Korrelationskoeffizient, 11-10, 16-1
 - Kreditgeber, 17-1
 - Kreditnehmer, 17-1
 - Kreuzprodukt, 15-1
 - Kubische Gleichungen, 15-25
 - Kurvenanpassung, 11-9, 16-1
- L**
- Längenkonvertierung, 4-13
 - LAST x -Funktion, 2-9
 - LAST X-Register, 2-9, B-8
 - Leistungsindikator, A-3
 - Lineare Regression, Menü, 11-9
 - Lineare Regression
 - (Vorhersagewert), 11-9, 16-1
 - Lineares Gleichungssystem, 15-15
 - logarithmisches Kurvenmodell, 16-1
 - Logarithmusfunktionen, 4-2, 9-3
 - Löschen
 - Allgemeine Informationen, 1-3
 - Gleichungen, 6-11
 - Meldungen, 1-24
 - Programme, 1-25, 12-26
 - Speicher, 1-25, A-1, A-5, B-4
 - Statistikregister, 11-2, 11-15
 - Variablen, 1-25, 3-5, 3-6
 - X-Register, 2-2, 2-7
 - Zahlen, 1-12, 1-14
 - Lukasiewicz, 2-1

M

- Mantisse, 1-13, 1-20
- Matrixinvertierung, 15-15
- Maximum einer Funktion, C-11
- Meldungen
 - Anzeige, 12-18, 12-21
 - Gründe, E-1
 - in Gleichungen, 12-18
 - Löschen, 1-3, 1-24
 - Zuordnung, 1-24
 - Zusammenfassung, E-1

MEM

- Programmkatalog, 1-24, 12-26
- Speicher ansehen, 1-24
- Variablenkatalog, 1-24, 3-5
- MEMORY CLEAR, A-5, B-4, E-3
- MEMORY FULL, B-1, E-3
- Menü BASE, 10-1
- Menü Mittelwert, 11-5
- Menü MODES
 - Winkelmodus, 4-4
- Menü PARTS, 4-16
- Menü PROB, 4-14
- Menüs
 - Liste, 1-6
 - Verlassen, 1-3, 1-8
 - Verwendung, 1-5
 - Verwendungsbeispiel, 1-7
- Menütasten, 1-5
- Minimum der Funktion, C-11
- Mittelwert (Statistik)
 - Berechnung, 11-5
 - Normalverteilung, 16-13
- MODES-Menü
 - Dezimalzeichen festlegen, 1-18

N

- Näherungen (für SOLVE), 7-3, 7-8, 7-10, 7-14, 14-8

- Näherung (statistisch), 16-1
- Negative Zahlen, 1-12, 9-3, 10-5
- Nenner

- Bereich, 1-21
- Größe, 5-1, 5-3
- maximale Größe festlegen, 5-6
- Steuerung, 5-7, 13-10, 13-14

- Normalverteilung, 16-13

Nullstellen

- doppelte, 15-25
- in Programmen, 14-8
- keine gefunden, 7-9, C-11
- mehrfache, 7-10
- Polynome, 15-25
- prüfen, 7-9
- überprüfen, C-3
- von Gleichungen, 7-1
- von Programmen, 14-1

O

- OCT Indikator, 10-1

OFF

- 1-1

Oktalzahlen

- Arithmetik, 10-3
- Eingeben, 10-1
- Umwandlung in, 10-1
- Wertebereich, 10-7

Overflow

- Ergebnis einer Berechnung, 1-15, 10-3, 10-7
- Flags, E-4
- Meldung ausgeben, E-4

P

- Permutationen, 4-14
- π , 4-3, A-2
- Polar-Rechteck
 - Koordinatentransformation, 4-8, 9-6
- Pole einer Funktion, C-7

- Polynome, 12-30, 15-25
 Potenzfunktionen, 1-14, 4-2,
 9-4
 Potenz-Kurvenmodell, 16-1
 PRGM TOP, 12-4, 12-6, 12-24,
 E-5
 Primzahlgenerator, 17-8
 Programme
 abfragen, 13-13, 13-17, 14-8
 anhalten, 12-18, 12-22
 Anzeige einer langen Zahl,
 12-7
 Aufruf von Routinen, 13-2,
 13-3
 ausführen, 12-11, 12-26
 bearbeiten, 12-8, 12-23
 Bearbeitung von Gleichungen,
 12-8, 12-24
 Berechnungen, 12-15
 Brüche, 5-11, 12-17, 13-10
 Datenausgabe, 12-17, 12-21
 Dateneingabe, 12-5, 12-15
 Daten-Input, 12-14
 Daten-Output, 12-14
 durchblättern, 12-12
 Einfügen von Zeilen, 12-23
 Eingabe, 1-3, 12-6
 Eingabeaufforderungen in
 Gleichungen, 13-11
 Eingabeaufforderung für
 Daten, 12-15
 Eingabe von Zeilen, 12-6
 Entwerfen, 12-3, 13-1
 Fehler, 12-22
 Flags, 13-9, 13-12
 Fortsetzung, 12-17
 für Integration, 14-11
 für SOLVE, 14-2, C-1
 Gleichungen, 12-4, 12-7
 Gleichungen auswerten, 13-11
 Indirekte Adressierung, 13-21,
 13-22, 13-23
 Katalog, 1-24, 12-26
 kein Anhalten, 12-21
 Länge, 12-26, 12-27, B-3
 löschen, 1-25, 12-6, 12-26
 Löschen aller, 1-4
 Löschen von Gleichungen,
 12-8, 12-23
 Löschen von Zeilen, 12-23
 Meldungen, 12-18, 12-21
 nicht programmierbare
 Funktionen, 12-28
 Prüfsummen, 12-26, 12-27,
 B-3
 Routinen, 13-1
 Rücksprung am Ende, 12-4
 Schleifen, 13-17, 13-18
 Schleifenzähler, 13-18, 13-19
 Speicherbedarf, 12-25
 Speicherbenutzung, B-2
 Techniken, 13-1
 Testen, 12-12
 Unterbrechen, 12-17, 12-22
 UPN-Operationen, 12-4
 Variablen, 12-14, 14-1, 14-10
 Vergleichsoperation, 13-6
 Vergleichsoperationen, 13-7
 Vergleichstests, 13-9
 Verwendung der Integration,
 14-13
 Verwendung von SOLVE,
 14-8
 Verzweigen, 13-2, 13-5, 13-17
 Verzweigung, 13-6
 Zahlen, 12-7
 Zahlenbasis, 12-28
 Zeilennummern, 12-3, 12-23,
 12-25
 Zweck, 12-1
 Programme ausführen, 12-26

Programmeingabe, 1-3
 Programmeingabe-Modus, 12-6,
 12-7
 Programmkatalog, 1-24, 12-26
 Programm-Labels
 Anzeigen, 12-12
 Anzeigen mit VIEW, 12-26
 Auffinden, 12-25
 Aufruf, 12-11
 doppelt, 12-6
 Eingabe, 12-3, 12-6
 Indirekte Adressierung, 13-22
 Indirekte Adressierung, 13-21,
 13-23
 Löschen, 12-6
 Name eingeben, 1-2
 Prüfsummen, 12-27
 Verzweigung, 13-2, 13-5,
 13-17
 Zweck, 12-3
 Programmzeiger, 12-6, 12-12,
 12-22, 12-24, B-5
 Prozentfunktionen, 4-6
 Prüfsummen
 Gleichungen, 6-24, 12-7, 12-28
 Programme, 12-26, 12-27
 PSE
 Anhalten von Programmen,
 12-14
 Pause in Programmen, 14-13
 Unterbrechen von
 Programmen, 12-22
 Verhindern von
 Programmstops, 13-11
 Vermeiden von Programm-
 unterbrechungen, 12-21
 Punkte (in Zahlen), 1-18, A-1

Q

Quadratfunktionen, 4-2

Quadratische Gleichungen,
 15-25
 Quadratwurzelfunktion, 1-15

R

R↓ und R↑, 2-3
 Rangfolge
 (Gleichungsoperatoren),
 6-19
 RCL, 3-2, 12-15
 RCL-Arithmetik, 3-7, B-8
 Realteil (Komplexe Zahlen),
 9-2
 Rechnen
 Ablauf im Stack, 2-5
 Ablauf im Stack bei komplexen
 Zahlen, 9-2
 komplexe Zahlen, 9-1
 lange Rechnungen, 2-13
 reelle Zahlen, 4-1
 Reihenfolge der
 Rechenschritte, 2-17
 Vorgehen allgemein, 1-15
 Zwischenergebnisse, 2-13
 Rechner
 Ein- und Ausschalten, 1-1
 Fragen, A-1
 Funktionstest, A-5, A-6
 Garantie, A-7
 Grundeinstellungen, B-5
 Kontakte kurzschließen, A-5
 Kontrasteinstellung, 1-1
 Reparaturservice, A-8
 Selbsttest, A-6
 Umgebungsbedingungen, A-3
 Zurücksetzen, A-5, B-4
 Rechteck-Polar-
 Koordinatentransformation,
 4-8, 9-6
 Reelle Zahlen
 bei SOLVE, 14-3

Integration, 8-1
 Operationen, 4-1
 Regression (linear), 11-9, 16-1
 Reparaturservice, A-8
 Rollen des Stack, 2-3
 Routinen
 Aufruf, 13-2
 Teil von Programmen, 13-1
 Verschachtelung, 13-3
R/S
 Anhalten der Integration,
 8-2, 14-10
 Anhalten von SOLVE, 7-10,
 14-1
 Aufheben von
 Eingabeaufforderungen,
 7-2, 12-16
 Ausführen von Programmen,
 12-26
 Eingabe abschließen, 6-14
 Eingabeaufforderung beenden,
 6-18
 Fortsetzen der
 Programmausführung,
 12-17, 12-18, 12-22
 Unterbrechen der
 Programmausführung,
 12-22
 Rückrufarithmetik, 3-7, B-8
 Rückschritt-Taste
 Anwendung, 1-3
 Aufheben von VIEW, 3-4
 Bearbeitung beginnen, 6-11
 Beginn der Bearbeitung, 12-8,
 12-24
 Gleichungseingabe, 1-3, 6-10
 Löschen des X-Registers, 2-2,
 2-8
 Löschen von Meldungen, E-1
 Löschen von Programmzeilen,
 12-23

Meldungen löschen, 1-3
 Menüs verlassen, 1-3, 1-8
 Programmeingabe, 12-8
 Runden
 Brüche, 5-5, 5-9, 12-21
 Integration, 8-7
 SOLVE, C-19
 Statistik, 11-13
 Trigonometrische Funktionen,
 4-4
 Zahlen, 4-16

S

Schleifen, 13-17, 13-18
 Schleifenzähler, 13-18, 13-19,
 13-23
 SCI-Format
 einstellen, 1-19
 in Programmen, 12-7
SCRL, 6-9, 12-7
 Selbsttest (Rechner), A-6
 Service, A-8
SHOW
 Bruch, ganzzahliger Teil, 5-5
 Eingabeaufforderung, Anzeige
 aller Stellen, 12-17
 Eingabeaufforderung,
 verdeckte Stellen, 6-18
 Gleichungslänge, 6-24, B-2
 Programmmlänge, 12-27, B-3
 Prüfsumme von Gleichungen,
 6-24, B-2
 Prüfsumme von Programmen,
 12-26, 12-27, B-3
 Stellen einer Variablen, 3-4,
 3-5, 10-9, 12-17
 Stellen einer Zahl, 1-20, 12-7
 Stellen eines Bruchs, 3-4
 Sinus, 4-4, 9-3, A-2
 Skalarprodukt, 15-1
 SOLVE

- Anfangsnäherungen, 7-3, 7-8, 7-10, 7-14, 14-8
- anhalten, 7-2, 7-10
- Anwendung, 7-2
- Arbeitsweise, 7-8, C-1
- Asymptoten, C-11
- Auswertung von Gleichungen, 7-1, 7-8
- Auswertung von Programmen, 14-1
- Ergebnisse im Stack, 7-2, 7-9, C-4
- flache Bereiche, C-11
- fortsetzen, 14-1
- in Programmen, 14-8
- Interpretieren der Ergebnisse, C-3
- keine Einschränkungen, 14-14
- keine Nullstelle gefunden, 7-9, 14-8, C-11
- mehrfache Nullstellen, 7-10
- Minimum oder Maximum, C-11
- Pole, C-7
- prüfen, Ergebnis, 7-9
- reelle Zahlen, 14-3
- Runden, C-19
- Speicherbedarf, 12-25
- Speicherbenutzung, B-2, B-3
- Standardeinstellung, 14-14
- Underflow, C-19
- Unstetigkeitsstelle, C-7
- unterbrechen, B-3
- Zahlenbasis, 12-29
- Zweck, 7-1
- SPACE**, 6-7, 6-21
- Spannungsindikator, 1-1
- Speicher
 - Bedarf, 12-25
 - Bedarf bei Integration, 8-2
 - freigeben, B-3
- Gleichungen, B-2
- Gleichungen löschen, 6-11
- Größe, 1-24, B-1, B-3
- Inhalt, 1-24
- Löschen, 1-4, 1-25, A-1, A-5, B-1, B-4
- Löschen der Statistikregister, 11-2
- Löschen von Gleichungen, 6-11
- Löschen von Programmen, 12-6, 12-26
- Löschen von Variablen, 3-6
- nichtflüchtig, 1-1
- Programme, 12-24, 12-25, B-3
- Programme löschen, 1-25
- Stack, 2-1
- Variablen, 1-25, 3-6
- Verwaltung, B-1, B-2
- voll, A-2
- Speicherarithmetik, 3-7
- Speicherbereich
 - Statistikregister, 11-15
 - Statistikregister,löschen, 11-15
- Stack
 - Auffüllen mit einer Konstanten, 2-7
 - Ausgabe aus einem Programm, 12-14
 - Austauschen von X und Y, 2-4
 - Austausch mit Variablen, 3-10
 - Benutzung bei Programmunterbrechungen, 12-15
 - Benutzung in Gleichungen, 6-14
 - durchsehen, 2-3
 - Einfluß von VIEW, 12-17

- Eingabe in ein Programm, 12-14
 - Funktionsweise, 2-5
 - komplexe Zahlen, 9-2
 - lange Rechnungen, 2-13
 - Register, 2-2
 - rollen, 2-3
 - Rollen, 2-3
 - Wirkung einer Eingabeaufforderung, 6-18, 12-15
 - Wirkung von **ENTER**, 2-6
 - Zweck, 2-2
 - Stack Lift
 - Einfluß von Operationen, B-7
 - Freigabe, B-6
 - Grundeinstellung, B-5
 - Operation, 2-5
 - Sperren, B-6
 - Standardabweichung
 - Berechnung, 11-7, 11-8
 - diskrete Verteilung, 16-22
 - Normalverteilung, 16-13
 - Standardabweichung einer Grundgesamtheit, 11-8
 - Standardabweichung einer Stichprobe, 11-7
 - Standardabweichung, Menü, 11-7, 11-8
 - Standardabweichung von diskret verteilten Daten, 16-22
 - Standarddarstellung
 - Gleichungen, 6-6
 - Standardeinstellung
 - Festlegung, 14-14
 - Startwert (Zufallszahl), 4-14
 - Statistik
 - Berechnungen, 11-5
 - diskrete Verteilung, 16-22
 - Kurvenanpassung, 11-9, 16-1
 - Operationen, 11-1
 - Verteilungen, 16-13
 - Statistik-Daten
 - Löschen, 1-4
 - Statistikdaten
 - akkumulierte, 11-14
 - Eingabe, 11-2
 - einwertige, 11-2
 - Genauigkeit, 11-13
 - Initialisierung, 11-2
 - Korrektur, 11-3
 - Löschen, 11-2
 - Speicherbedarf, 12-25
 - Speicherbenutzung, B-2
 - zweiwertig, 11-3
 - Statistikmenüs, 11-1, 11-5
 - Statistikregister
 - ansehen, 11-14
 - Initialisierung, 11-2
 - keine Brüche, 5-2
 - Korrektur der Daten, 11-3
 - Löschen, 1-4, 11-2, 11-15
 - Speicherbedarf, 12-25
 - Speicherbenutzung, B-2
 - Speicherbereich, 11-15
 - Summationen, 11-16
 - Summe, 11-2
 - Summen, 11-14
 - Zugriff, 11-16
 - Steigung (Kurvenanpassung), 11-10, 16-1
 - STO, 3-2, 12-14
 - STO-Arithmetik, 3-7
 - STOP, 12-22
 - Summenbildung, statistische, 11-14
 - Syntax (Gleichungen), 6-19, 6-23, 12-18
- T**
- Tangens, 4-4, 9-3, A-2
 - Tasten
 - Alpha, 1-2

Buchstaben, 1-2
 oberste Tastenreihe, 12-7
 oberste Tastenreihe,
 Verwendung, 6-9
 umgeschaltet, 1-2
 Temperaturen
 Einheitenkonvertierung, 4-13
 Testen des Rechners, A-5, A-6
 Testmenüs, 13-8
 Transformation
 Koordinaten, 15-1
 T-Register, 2-5, 2-7
 Trigonometrische Funktionen,
 4-4, 9-3
 TVM, 17-1
U
 Überlauf
 Auftreten testen, 13-9
 Flags, 13-9
 Reaktion, 13-9
 Umgeschaltete Tasten, 1-2
 Umkehrfunktionen von
 hyperbolischen Funktionen,
 4-6
 Umkehrfunktionen von
 Trigonometrischen
 Funktionen, 4-4
 Umwandlungen
 Koordinaten, 9-6
 Zahlensysteme, 10-1
 Underflow, C-19
 Ungenauigkeit (Integration),
 8-2, 8-8
 Unstetigkeitsstellen von
 Funktionen, C-7
 Unterprogramme
 Verschachtelung, 14-14
 UPN
 im Vergleich zu Gleichungen,
 6-21, 12-4

in Programmen, 12-4
 Ursprung, 2-1

V

Variablen
 Anzeige aller Stellen, 3-4,
 3-5, 10-9, 12-17
 Anzeige mit VIEW, 12-21
 anzeigen, 3-4, 12-17
 Auflösen nach, 14-1, 14-8,
 C-1
 Austausch mit X, 3-10
 bei Integration, 8-2, 14-10
 getrennt vom Stack, 3-2
 Grundeinstellung, B-5
 Indirekte Adressierung, 13-21,
 13-22
 in Gleichungen, 6-6, 7-1
 in Programmen, 12-14, 14-1,
 14-10
 interne Arithmetik, 3-7
 Katalog, 1-24, 3-5
 Löschen, 1-4, 1-25, 3-6
 Löschen während der Anzeige,
 12-17
 Lösen, 7-2
 Name eingeben, 1-2
 Namen, 3-1
 Polynome, 12-30
 Programmausgabe, 12-17,
 12-21
 Programmeingabe, 12-15
 Speicherbedarf, 12-25
 Speicherbenutzung, B-2
 Speichern, 3-2
 Speicherung bei Gleichungen,
 6-15
 Zahlenspeicherung, 3-1
 Zurückrufen, 3-2, 3-5
 Variablenkatalog, 1-24, 3-5
 Vektoren

- Koordinatentransformation, 4-10, 9-7, 15-1
- Operationen, 15-1
- Programmanwendungen, 15-1
- Vergleichsoperationen, 13-6, 13-7
- Vergleichstests, 13-7, 13-9
- Verschachtelte Routinen, 13-3
- Verschachtelte Unterprogramme, 14-14
- Verschieben
 - Dualzahlen, 10-8
 - Gleichungen, 6-9, 12-7, 12-18
- Verzweigen, 13-2, 13-17, 14-8
- VIEW
 - Anzeige von Programmdateien, 12-17, 12-21, 14-8
 - Anzeige von Variablen, 10-9
 - Einfluß auf den Stack, 12-17
 - Unterbrechen von
 - Programmen, 12-17
 - Variablen anzeigen, 3-4
- Vorzeichen, 1-12, 1-15, 9-3, 10-5
- Vorzeichenfestlegung (Finanzrechnung), 17-1
- Vorzeichenwechsel, 1-12, 1-15, 9-3

W

- Wahrscheinlichkeit
 - Funktionen, 4-13
 - Normalverteilung, 16-13

Wert /c, B-5, B-8

Winkel

- Einheiten, 4-3
- Konvertierung der Einheit, 4-12
- Konvertierung des Formats, 4-11
- verschiedene Winkelmaße, A-2

- zwischen Vektoren, 15-1
- Winkeldarstellung, B-5
- Winkelmodus, 4-3, A-2
- Wurzelfunktion, 1-15, 4-2

X

XEQ

- Auswertung von Gleichungen, 6-13, 6-16
- Programme ausführen, 12-11, 12-26

X-Register

- abfragen, 13-7
- als Anzeigeregister, 2-2
- Arithmetik mit Variablen, 3-7
- austauschen mit Y, 2-4
- Austausch mit Variablen, 3-10
- Einfluß einer Eingabeaufforderung, 6-18
- Einfluß von VIEW, 12-17
- kein Löschen, 2-5
- löschen, 1-4, 2-2, 2-7
- löschen in Programmen, 12-8
- Teil des Stack, 2-2
- während der Programmpause, 12-22

XROOT, 6-21

Z

Zahlen

- Ansehen aller Stellen, 10-9
- Anzeige aller Stellen, 1-20
- Anzeigeformat, 1-18, 10-5
- arithmetische Berechnungen, 1-15
- austauschen, 2-4
- Brücheingabe, 1-21, 5-1
- Dezimalzahlen, 1-18
- Eingabe, 1-3, 1-12, 10-1

Eintippen, 1-14
 Genauigkeit, 1-18, C-19
 Grenzen, 1-12
 in Gleichungen, 6-6
 in Programmen, 12-7
 interne Darstellung, 1-18,
 10-5
 komplex, 9-1
 kürzen, 10-5
 Löschen, 1-3, 1-4, 1-12, 1-14
 Manipulation, 4-16
 Mantisse, 1-13
 mit E, 1-12, 1-13, A-2
 negative, 1-12, 9-3, 10-5
 Primzahlen, 17-8
 Punkt und Komma, 1-18,
 A-1
 reelle, 4-1, 8-1
 Reihenfolge bei Berechnungen,
 1-17
 Runden, 4-16
 sehr große und sehr kleine,
 1-12, 1-15
 Speicherbedarf, 12-25
 Speicherbenutzung, B-2
 Speichern, 3-2
 verändern, 1-12, 1-14
 Vorzeichenwechsel, 1-12, 1-15,
 9-3
 Wertebereich, 1-15, 10-7
 Wiederverwendung, 2-6, 2-11
 Zahlensysteme, 10-1, 12-29
 zurückrufen, 3-2
 Zahlenbasis
 Festlegung, 12-29
 Gleichungen, 12-29
 Grundeinstellung, B-5
 Programmierung, 12-28
 Zahlensystem
 Arithmetik, 10-3
 Brüche, 5-2
 Einfluß auf Anzeige, 10-5
 Festlegung, 10-1
 Gleichungen, 6-14
 Grundeinstellung, B-5
 Programme, 12-28
 Umwandlung, 10-1
 Zahlung (Finanzrechnung), 17-1
 Zehnerpotenzen, 1-12, 1-13
 Zeitformate, 4-11
 Zifferneingabe-Cursor
 Bedeutung, 1-14
 in Programmen, 12-8
 löschen, 12-8
 Rückschritt, 6-10
 Zinsrechnung, 17-3
 Zufallszahlen, 4-14, B-5
 Zurücksetzen des Rechners,
 A-5, B-4
 Zweierkomplement, 10-3, 10-5
 Zweiwertige Statistik, 11-3
 Zwischenergebnisse, 2-13

Unterstützung durch Hewlett-Packard

Kundendienst. Beachten Sie bitte die Hinweise zur Fehlersuche in Anhang A, wenn Ihr Rechner nicht mehr ordnungsgemäß funktioniert. Falls eine Reparatur erforderlich sein sollte, können Sie den Rechner an folgendes Reparaturzentrum schicken:

Hewlett-Packard GmbH
Reparaturzentrum Frankfurt
Berner Straße 117
D-6000 Frankfurt 56

Telefon: (069) 500 060

Falls Sie Probleme mit Ihrem Rechner haben und Sie bereits alle Fragen in Anhang A zur Problemsuche durchgearbeitet haben, so setzen Sie sich mit dem HP-Support-Zentrum in Ratingen in Verbindung. Im Supportzentrum steht für Sie ein Mitarbeiter von Montag bis Donnerstag von 8 - 12 Uhr zur Verfügung. Rufen Sie folgende Nummer an:

Hewlett-Packard-Supportzentrum

02102 - 499 283

Falls Sie Informationen über Produkte von Hewlett-Packard, Fachhändler und Preise wünschen, setzen Sie sich bitte mit der Hewlett-Packard Vertriebszentrale in Verbindung:

Hewlett-Packard Vertriebszentrale
Hewlett-Packard-Straße
D-6380 Bad Homburg

Telefon: (06172) 160

Inhaltsverzeichnis

Teil 1. Grundlagen

- 1: Bedienungsgrundlagen
- 2: Der Stack
- 3: Datenspeicherung in Variablen
- 4: Reelle Funktionen
- 5: Brüche
- 6: Eingabe und Auswertung von Gleichungen
- 7: Lösen von Gleichungen
- 8: Integration von Gleichungen
- 9: Operationen mit komplexen Zahlen
- 10: Rechnen mit verschiedenen Zahlensystemen
- 11: Statistik

Teil 2. Programmierung

- 12: Einfache Programme
- 13: Programmiertechniken
- 14: Lösung und Integration programmierter Funktionen
- 15: Mathematikprogramme
- 16: Statistikprogramme
- 17: Sonstige Programme

Teil 3. Anhang und Stichwortverzeichnis

- A: Kundenunterstützung, Batterien und Service
- B: Benutzerspeicher und Stack
- C: Näheres zum Auflösen von Gleichungen
- D: Näheres zur Integration
- E: Meldungen
- F: Verzeichnis der Operationen

Stichwortverzeichnis



Teilenummer 00032-90070

Erste Auflage

Deutsch

Printed in Germany 04/91



00032-90070

Update

Product Identification
HP 32SII

Update Identification
Update Number: 1
Update Date: March 1991

Do not set flag 9 to display fractions in the “fixed denominator” mode. This mode, described in chapter 5, “Fractions,” does not work correctly.

Sæt ikke flag 9 for at vise brøker i “Fastnævner-mode”. Denne funktion, beskrevet i kapitel 5, “Brøker”, virker ikke korrekt.

Activeer vlag 9 niet als u breuken in de “Vaste noemer” notatie wilt tonen. Deze notatie die in hoofstuk 5 (“Breuken”) wordt beschreven, werkt niet goed.

Ne pas activer le flag 9 pour afficher des fractions dans le mode “dénominateur fixe” ce mode décrit au chapitre 5 “Fractions” ne fonctionne pas correctement.

Beim Anzeigen von Brüchen sollte der Fixed-Denominator-Modus deaktiviert, d.h. Flag 9 gelöscht sein. Dieser Modus, der im Kapitel 5, “Brüche”, beschrieben ist, arbeitet nicht korrekt.

Non impostare il flag 9 per visualizzare le frazioni nel modo “Denominatore fisso”. Questo modo, il quale si spiega nel capitolo 5, “Frazioni”, non funziona correttamente.

Não acione o flag 9 para visualizar frações, no modo “denominador fixo”. Neste modo, descrito no capítulo 5, “Frações”, o funcionamento da calculadora não será o correcto.

No active la bandera 9 para mostrar fracciones en el modo “denominador fijo”. Este modo, descrito en el capítulo 5, “Fracciones”, no funciona correctamente.

Sätt inte flagga 9 vid bråkräkning med “konstant nämnare”. Detta mode, beskrivet i kapitel 5, “Bråk”, funkar inte korrekt.



Part Number 00032-90084

Multilingual

Printed in U.S.A. 3/91

Scan Copyright ©
The Museum of HP Calculators
www.hpmmuseum.org

Original content used with permission.

Thank you for supporting the Museum of HP
Calculators by purchasing this Scan!

Please do not make copies of this scan or
make it available on file sharing services.