HEWLETT PACKARD

HP 32SII

RPN Wetenschappelijke calculator
Gebruikershandleiding

HP 32SII
RPN Wetenschappelijke calculator
Gebruikershandleiding

Bestelnummer 00032-90080
Gedrukt in de Duitse Bondsrepubliek, januari 1991

Editie 1

Opmerking

De informatie in dit document kan zonder kennisgeving gewijzigd worden. **Hewlett-Packard biedt ten aanzien van dit materiaal geen garanties, noch expliciet, noch impliciet. Hewlett-Packard garandeert met name niet dat het materiaal geschikt is voor bepaalde doeleinden.** Hewlett-Packard is niet aansprakelijk voor fouten in het materiaal of voor enige directe of indirecte schade van welke aard dan ook, ontstaan uit of verband houdende met de levering, het functioneren of het gebruik van dit materiaal.

Dit document bevat informatie die door copyright beschermd wordt. Alle rechten zijn voorbehouden. Geen enkel onderdeel van dit document mag worden gekopieerd, gereproduceerd of vertaald zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Hewlett-Packard Company.

De programma's die de calculator besturen zijn door copyright beschermd. Kopiëren, reproduceren of vertalen van deze programma's zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Hewlett-Packard Company is verboden.

Hewlett-Packard S.A.
Calculator Division
150 Route du Nant d'Avril
1217 Meyrin 2 - Genève
Zwitserland

Druk

Editie 1 ..... januari 1991

Inhoud

Deel 1. Basisbewerkingen

1. Beginnen met de HP 32SII

Wat u vooraf moet weten 1-1
De calculator aan- en uitzetten 1-1
Het contrast van de display bijstellen 1-1
Belangrijkste functies van het toetsenbord en de display 1-2
Shift-toetsen 1-2
Alfatoetsen 1-2
De Backspace-toets en wissen 1-3
Menu's gebruiken 1-5
Menu's verlaten 1-8
Indicators 1-8
Getallen intoetsen 1-11
Getallen negatief maken 1-11
Machten van 10 1-11
Het invoeren van getallen 1-13
Getallenbereik en OVERFLOW 1-14
Rekenkundige bewerkingen uitvoeren 1-14
Functies met één getal 1-14
Functies met twee getallen 1-15
De display instellen 1-17
Punten en komma's in getallen 1-17
Aantal decimalen 1-17
SHOW instelling met volledige nauwkeurigheid van 12 cijfers 1-19
Breuken 1-20
Breuken invoeren 1-20
De weergave van breuken 1-22
Meldingen 1-23
Geheugen van de calculator 1-23
Beschikbaar geheugen controleren 1-23

Het gehele geheugen wissen 1-24

2. Het automatisch stapelgeheugen

Wat is het stapelgeheugen? 2-1
Het X-register staat in de display 2-2
Het X-register wissen 2-2
Het stapelgeheugen bekijken 2-3
Het X- en Y-register van het stapelgeheugen verwisselen 2-4
Berekeningen met het stapelgeheugen 2-5
Werken met ENTER 2-6
Werken met CLEAR x 2-8
Het LAST X register 2-10
Fouten corrigeren met LAST X 2-10
Getallen opnieuw gebruiken met LAST X 2-12
Kettingberekeningen 2-14
Vanuit de haakjes werken 2-14
Oefeningen 2-16
Volgorde van bewerkingen 2-17
Nog meer oefeningen 2-19

3. Gegevens opslaan in variabelen

Getallen opslaan en opvragen 3-3
Een variabele bekijken zonder deze op te roepen . . . 3-4
Variabelen in de VAR Catalogus bekijken 3-5
Variabelen wissen 3-6
Berekeningen met opgeslagen variabelen 3-6
Berekeningen met opgeslagen gegevens 3-7
Berekeningen met opgevraagde gegevens 3-7
X verwisselen met een willekeurige variabele 3-9
De variabele "i" 3-10

4. Functies met reële getallen

Exponentiële en logaritmische functies 4-2
Machtsverheffen 4-2
Trigonometrie 4-3
π invoeren 4-3
De hoekmodus instellen 4-3
Trigonometrische functies 4-4
Hyperbolische functies 4-6
Procentfuncties 4-6
Conversiefuncties 4-8

Conversie van coördinaten 4-8
Tijdconversie 4-11
Hoekconversie 4-11
Conversie van eenheden 4-12
Waarschijnlijkheidsfuncties 4-12
Faculteit 4-12
Gamma 4-12
Waarschijnlijkheidsmenu 4-13
Gedeelten van getallen 4-15
Namen van functies 4-15

5. Breuken
Breuken invoeren 5-1
Breuken in de display 5-2
Display regels 5-3
Nauwkeurigheidsindicators 5-3
Lange breuken 5-5
De weergave van breuken veranderen 5-5
De grootste noemer instellen 5-6
De notatie voor breuken kiezen 5-6
Voorbeelden van de weergave van breuken 5-8
Breuken afronden 5-9
Breuken in vergelijkingen 5-10
Breuken in programma's 5-11

6. Vergelijkingen invoeren en evalueren
Het gebruik van vergelijkingen 6-1
Overzicht van bewerkingen in vergelijkingen 6-3
Vergelijkingen invoeren in de Vergelijkingenlijst 6-5
Variabelen in een vergelijking 6-6
Getallen in een vergelijking 6-6
Functies in een vergelijking 6-6
Haakjes in een vergelijking 6-7
Vergelijkingen tonen en kiezen 6-8
Vergelijkingen wijzigen en wissen 6-10
Soorten vergelijkingen 6-12
Vergelijkingen evalueren 6-13
Evalueren met ENTER 6-15
Evalueren met XEQ 6-16
Reageren op een aanroep bij vergelijkingen 6-17
De syntaxis van vergelijkingen 6-18
Prioriteit van operators 6-19

Functies die in vergelijkingen gebruikt kunnen worden 6-20
Foutieve syntaxis 6-23
Vergelijkingen verifiëren 6-23

7. Vergelijkingen oplossen
Een vergelijking oplossen 7-2
SOLVE begrijpen en gebruiken 7-6
De oplossing verifiëren 7-7
Een bewerking met SOLVE onderbreken 7-8
Initiële schattingen gebruiken voor SOLVE 7-8
Voor meer informatie 7-12

8. Vergelijkingen integreren
Vergelijkingen integreren ($\int$FN) 8-2
Nauwkeurigheid van integratie 8-6
Nauwkeurigheid specificeren 8-6
Nauwkeurigheid interpreteren 8-7
Voor meer informatie 8-9

9. Bewerkingen met complexe getallen
Het complexe stapelgeheugen 9-2
Complexe bewerkingen 9-3
Werken met complexe getallen in polaire notatie . . . 9-6

10. Grondtalconversie en rekenkundige bewerkingen
Rekenkundige bewerkingen met grondtal 2, 8 en 16 . . 10-3
De weergave van getallen 10-5
Negatieve getallen 10-6
Getallenbereik 10-6
Vensters voor lange binaire getallen 10-7
Gedeeltelijk niet getoonde getallen bekijken met SHOW 10-8

11. Statistische bewerkingen
Statistische gegevens invoeren 11-1
Gegevens met één variabele invoeren 11-2
Gegevens met twee variabelen invoeren 11-2
Fouten bij het invoeren van gegevens corrigeren . . . 11-3
Statistische berekeningen 11-5
Gemiddelde 11-5
Standaard deviatie van de steekproef 11-7
Standaard deviatie van de populatie 11-8

Lineaire regressie 11-9
Beperkingen van de nauwkeurigheid van gegevens . . . 11-12
Sommatiewaarden en de statistiekregisters 11-13
Sommatiestatistieken 11-13
De statistiekregisters in het calculatorgeheugen . . . 11-14
Toegang krijgen tot de statistiekregisters 11-15

Deel 2. Programmeren

12. Eenvoudige programma's
Een programma ontwerpen 12-3
Programmabegrenzingen (LBL en RTN) 12-3
RPN en vergelijkingen gebruiken in programma's . . 12-4
Gegevens in- en uitvoeren 12-5
Een programma invoeren 12-5
Toetsen om te wissen 12-7
Functienamen in programma's 12-7
Een programma uitvoeren 12-9
Een programma uitvoeren (XEQ) 12-10
Een programma testen 12-10
Gegevens invoeren en tonen 12-12
INPUT gebruiken voor gegevensinvoer 12-13
Gegevens bekijken met VIEW 12-15
Vergelijkingen gebruiken om meldingen te tonen . . 12-16
Informatie tonen zonder het programma te stoppen . 12-19
Een programma stoppen of onderbreken 12-20
Een Stop of Pauze (STOP, PSE) in een programma . 12-20
Een programma tijdens de uitvoering onderbreken . 12-20
Stoppen bij een fout 12-20
Het wijzigen van een programma 12-21
Programmageheugen 12-22
Het programmageheugen bekijken 12-22
Geheugengebruik 12-23
De programmacatalogus (MEM) 12-23
Eén of meer programma's wissen 12-24
De checksum 12-25
Niet programmeerbare functies 12-26
Programmeren met BASE 12-26
Een grondtalinstelling kiezen in een programma . . . 12-26
In programmaregels ingevoerde getallen 12-27
Polynomiale uitdrukkingen en de methode van Horner . 12-28

13. Programmeertechnieken
Routines in programma's 13-1
Subroutines oproepen (XEQ, RTN) 13-2
Geneste subroutines 13-3
Vertakkingen (GTO) 13-5
Een geprogrammmeerde GTO instructie 13-5
GTO gebruiken vanaf het toetsenbord 13-6
Voorwaardelijke instructies 13-6
Vergelijkende tests (x?y, x?0) 13-7
Vlaggen 13-9
Lussen 13-16
Voorwaardelijke lussen (GTO) 13-17
Lussen met tellers (DSE, ISG) 13-18
Variabelen en labels indirect adresseren 13-20
De variabele "i" 13-20
Het indirecte adres (i) 13-21
Programmabesturing met (i) 13-22
Vergelijkingen met (i) 13-24

14. Programma's voor het oplossen en integreren van functies
Een programma voor het oplossen van een functie . . . 14-1
SOLVE gebruiken in een programma 14-7
Een programma integreren 14-9
Integratie gebruiken in een programma 14-11
Beperkingen voor het oplossen en integreren van programma's 14-12

15. Wiskundige programma's
Vectorbewerkingen 15-1
Stelsels van vergelijkingen oplossen 15-13
Polynomiale Root Finder 15-22
Coördinaat-transformatie 15-35

16. Programma's voor statistieken
Inpassing in een kromme 16-1
Normale distributie en inverse normale distributie . . . 16-13
Standaard deviatie van gegroepeerde gegevens 16-21

17. **Diverse programma's en vergelijkingen**
Periodieke geldwaarde (Time Value of Money) 17-1
Priemgetallen genereren 17-8

Deel 3. Appendices en indexen

A. **Ondersteuning, batterijen en service**
Ondersteuning voor de calculator A-1
Antwoorden op de meest voorkomende vragen . . . A-1
Omgevingsfactoren A-2
De batterijen vervangen A-3
De werking van de calculator testen A-4
Zelf-test A-5
Beperkte garantie van één jaar A-7
Wat onder de garantie valt A-7
Wat niet onder de garantie valt A-7
Als de calculator service nodig heeft A-8
Reparatiekosten A-9
Verzendinstructies A-9
Garantie op service A-10
Service overeenkomsten A-10
Voorschriften A-10

B. **Het gebruikersgeheugen en het stapelgeheugen**
Het geheugen van de calculator beheren B-1
De calculator opnieuw instellen B-4
Het geheugen wissen B-4
De status van het omhoogschuiven van het stapelgeheugen B-6
Bewerkingen die het omhoogschuiven uitschakelen . . B-6
Neutrale bewerkingen B-7
De status van het LAST X register B-8

C. **Meer informatie over SOLVE**
Hoe berekent SOLVE een wortel? C-1
Resultaten interpreteren C-3
Als SOLVE geen oplossing kan berekenen C-10
Afrondingsfouten C-18
Underflow C-18

D. Meer informatie over integreren
Hoe wordt een integraal geëvalueerd? D-1
Situaties waarin foutieve resultaten kunnen ontstaan . D-2
Omstandigheden waardoor berekeningen langer duren . D-7

E. Meldingen

F. Bewerkingsindex

Index

Deel 1

Basisbewerkingen

1

Beginnen met de HP 32SII

Wat u vooraf moet weten

De calculator aan- en uitzetten

Om de calculator aan te zetten, drukt u op [C]. Onder deze toets staat ON.

Om de calculator uit te zetten drukt u op [→] [OFF]. Hiervoor drukt u eerst op de rechter shift-toets [→] en vervolgens op [C] (boven deze toets staat in blauwe letters OFF). Omdat de calculator een *permanent geheugen* heeft, wordt de informatie die u hebt opgeslagen niet beïnvloed als u het apparaat uitzet. (U kunt ook op [←] [OFF] drukken om de calculator uit te zetten.)

Om energie te besparen, schakelt de calculator zichzelf 10 minuten nadat hij voor het laatst gebruikt werd, uit. Als u in de display de batterij-indicator (▭) ziet, moeten de batterijen zo snel mogelijk vervangen worden. Zie Appendix A voor nadere instructies.

Het contrast van de display bijstellen

Het contrast van de display is afhankelijk van de belichting, de hoek van waaruit u de display bekijkt en de instelling van het contrast. Om een scherper of minder scherp contrast in te stellen, houdt u de [C] toets ingedrukt en drukt u op [+] of [−].

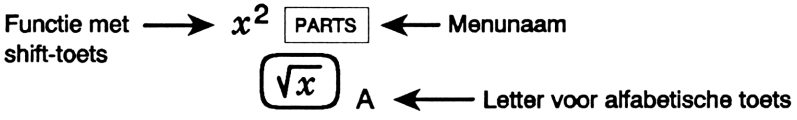
Belangrijkste functies van het toetsenbord en de display

Shift-toetsen

Iedere toets heeft drie functies: de functie die op de toets zelf staat, een functie in combinatie met de linker shift-toets (oranje) en een functie in combinatie met de rechter shift-toets (blauw). De namen van de functies die met een *shift-toets* geactiveerd worden, staan in oranje en blauwe letters boven iedere toets. Druk op de juiste shift-toets (⬅ of ➡) voordat u op de toets met de gewenste functie drukt. Om bijvoorbeeld de calculator uit te zetten, drukt u eerst op de ➡ shift-toets en laat u deze los en drukt u vervolgens op C.

Als u op ⬅ of ➡ drukt, verschijnt aan de bovenkant van de display de bijbehorende ⬅ of ➡ *indicator*. De indicator blijft in de display staan tot u op de volgende toets drukt. Als u een ingedrukte shift-toets wilt annuleren (en de bijbehorende indicator uitschakelen), drukt u opnieuw op dezelfde shift-toets.

Alfatoetsen



Zoals u hierboven ziet, staat naast de meeste toetsen een letter. Als u een letter wilt typen (bijvoorbeeld een variabele of een *programmalabel*), verschijnt de **A..Z** indicator in de display, die aangeeft dat de alfatoetsen "actief" zijn.

De variabelen worden behandeld in hoofdstuk 3, de labels worden behandeld in hoofdstuk 6.

De Backspace-toets en wissen

Eén van de eerste dingen die u moet weten, is hoe u kunt *wissen*: cijfers corrigeren, de display wissen of opnieuw beginnen.

Toetsen waarmee u kunt wissen

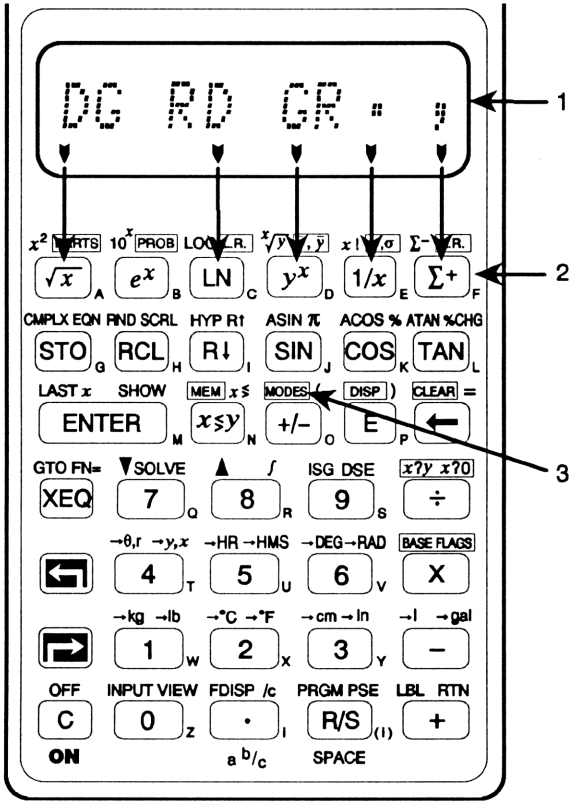
Toets	Beschrijving
←	*Backspace-toets.* ■ Toetsenbordinvoermodus: Wist het teken direct links van "_ " (de getallencursor) of verlaat het huidige menu. (Menu's worden beschreven in "Menu's gebruiken" op pagina 1-5.) Als het getal volledig ingevoerd is (geen cursor), wist ← het *gehele* getal. ■ Invoermodus voor vergelijkingen: Wist het teken direct links van "▮" (de vergelijkingencursor). Als een *getal* van de vergelijking volledig is ingevoerd, wist ← het getal in zijn geheel. Als het getal niet volledig is ingevoerd, wist ← het teken direct links van "_" (de getallencursor). De "_" verandert weer in "▮" als het getal volledig is ingevoerd. Met ← kunt u ook foutmeldingen wissen en de huidige programmaregel verwijderen tijdens het invoeren van een programma.
C	*Wissen* of *annuleren.* Wist het getoonde getal en verandert het in nul, of *annuleert* de huidige situatie (zoals een menu, een melding, een aanroep, een catalogus of de invoermodus voor vergelijkingen of programma's).

Toetsen waarmee u kunt wissen (vervolg)

Toets	Beschrijving
	Het CLEAR menu ({x} {VARS} {ALL} {Σ}) Hiermee kunt u *x* (het getal in het X-register), alle variabelen, het gehele geheugen of alle statistische gegevens wissen. Als u {ALL} kiest, wordt een nieuw menu, (CLR ALL? {Y} {N}) getoond, zodat u uw keuze kunt bevestigen voordat de gehele inhoud van het geheugen wordt gewist. Tijdens het invoeren van een programma wordt {ALL} vervangen door {PGM}. Als u {PGM} kiest, wordt een nieuw menu, (CL PGMS? {Y} {N}), getoond, zodat u uw keuze kunt bevestigen voordat alle programma's worden gewist. Tijdens het invoeren van vergelijkingen (toetsenbordvergelijkingen of vergelijkingen in programmaregels) wordt het menu CLR EQN? {Y} {N} getoond, zodat u uw keuze kunt bevestigen voordat de vergelijking gewist wordt. Als u een voltooide vergelijking bekijkt, wordt de vergelijking zonder bevestiging verwijderd.

Menu's gebruiken

De HP 32SII heeft veel meer mogelijkheden dan de functies die u op het toetsenbord ziet. Dit komt omdat 12 toetsen (met daarboven de naam van een shift-functie op een donkere achtergrond) *menu*toetsen zijn. Er zijn in totaal 14 menu's, met nog veel meer functies of opties voor andere functies. Als u op een menutoets (met shift-toets) drukt, verschijnt er een *menu* in de display dat uit een aantal opties bestaat.



1. Menu-opties.
2. Toetsen die bij menu-opties horen.
3. Menutoetsen.

HP 32SII Menu's

Menu-naam	Menubeschrijving	Hoofdstuk
	Numerieke functies	
PARTS	IP FP ABS Functies voor wijziging van een getal: geheel gedeelte, breukgedeelte en absolute waarde.	4
PROB	Cn,r Pn,r SD R Waarschijnlijkheidsfuncties: combinaties, permutaties, kiem en willekeurige getallen.	4
L.R.	$\hat{x}$ $\hat{y}$ r m b Lineaire regressie: inpassen in een kromme en lineaire benadering.	11
$\bar{x},\bar{y}$	$\bar{x}$ $\bar{y}$ $\bar{x}w$ Rekenkundig gemiddelde van statistische x- en y-waarden; gewogen gemiddelde van statistische x-waarden.	11
s,σ	sx sy σx σy Standaard deviatie van de steekproef, standaard deviatie van de populatie.	11
SUMS	n Σx Σy Σx^2 Σy^2 Σxy Sommaties van statistische gegevens.	11
BASE	DEC HEX OC BN Grondtalconversie (decimaal, hexadecimaal, octaal en binair).	11
	Instructies bij programmeren	
FLAGS	SF CF FS? Functies voor het actief of niet actief maken en het testen van vlaggen.	13
$x?y$	$\neq$ $\leq$ < > $\geq$ = Vergelijkingstesten van de X- en Y-registers.	13
$x?0$	$\neq$ $\leq$ < > $\geq$ = Vergelijkingstesten van het X-register en nul.	13

HP 32SII Menu's (vervolg)

Menu-naam	Menubeschrijving	Hoofdstuk
	Overige functies	
MEM	nnn.n VAR PGM Geheugenstatus (aantal beschikbare bytes in geheugen), variabelencatalogus, programmacatalogus (programmalabels).	1, 3, 12
MODES	DG RD GR . , Hoekmodus en "." of "," als decimaalteken.	4, 1
DISP	FX SC EN ALL Display instelling FIX, wetenschappelijk, "Engineering" en ALL.	1
CLEAR	Functies om verschillende gedeelten van het geheugen te wissen — zie ↩ CLEAR in de tabel op pagina 1-4.	1, 3, 6, 12

Het volgende voorbeeld laat zien hoe u een menufunctie gebruikt:

Voorbeeld:

Hoeveel permutaties (n verschillende rangschikkingen) van vier (r) eenheden zijn mogelijk als gekozen kan worden uit 28 eenheden.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
28 ENTER 4	4_	Toont r.
↪ PROB	Cn,r Pn,r SD R	Toont het waarschijnlijkheidsmenu.
{Pn,r} (LN)	491.400,0000	Toont de oplossing.

Herhaal het voorbeeld voor 28 eenheden en ga dan uit van sets met 2 eenheden. (Oplossing = 756.)

De menu-opties leiden u naar tientallen functies. U hoeft de namen van de ingebouwde calculatorfuncties niet te onthouden of te zoeken tussen de namen die op het toetsenbord staan.

Menu's verlaten

Als u een menufunctie uitvoert, verdwijnt het menu automatisch, zoals u in het vorige voorbeeld kon zien. Als u een menu wilt verlaten *zonder* een functie uit te voeren, zijn er drie mogelijkheden:

- Door op ◀ te drukken, verlaat u per niveau de 2 niveaus van het CLEAR of MEM menu. Zie ↰ CLEAR in de tabel op pagina 1-4.
- Door op ◀ of C te drukken, worden alle andere menu's geannuleerd.

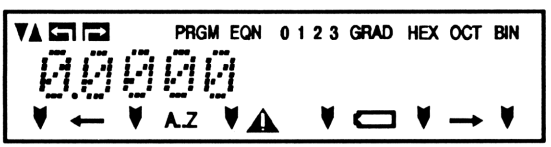
Toetsen:	Display:
123	123_
↱ PROB	Cn,r Pn,r SD R
◀ of C	123,0000

- Door op een andere menutoets te drukken, vervangt u het oude menu door een nieuw menu.

Toetsen:	Display:
123	123_
↱ PROB	Cn,r Pn,r SD R
↰ CLEAR	× VARS ALL Σ
C	123,0000

Indicators

De symbolen aan de onder- en bovenkant van de display die u in de onderstaande afbeelding ziet, worden *indicators* genoemd. Als een indicator in de display verschijnt, heeft deze een speciale betekenis.



HP 32SII Indicators

Indicator	Betekenis	Hoofdstuk
	Bovenste rij:	
▼▲	De ↰ ▼ en ↰ ▲ toetsen zijn actief om op en neer door een lijst te kunnen gaan.	1, 6
	In de display modus voor breuken (druk op ↰ FDISP): wordt slechts één van de twee "▼" of "▲" helften van de "▼▲" indicator getoond, om aan te geven of de getoonde teller iets groter of iets kleiner is dan de "*exacte*" waarde. Als geen van beide delen van "▼▲" in de display staan, wordt de *exacte* waarde van de breuk getoond.	5
↰	De linker shift-toets is actief.	1
↱	De rechter shift-toets is actief.	1
PRGM	De Programmamodus is actief.	12
EQN	De invoermodus voor vergelijkingen is actief of de calculator evalueert een uitdrukking of een vergelijking.	6
0 1 2 3	Geeft aan welke vlaggen actief zijn (de vlaggen 4 tot en met 11 hebben geen indicator).	13
RAD of **GRAD**	De radialen- of Grads-hoekmodus is ingesteld. De DEG modus (graden, standaard) heeft geen indicator.	4
HEX OCT BIN	Geeft het actieve grondtal aan. DEC (grondtal 10, standaard) heeft geen indicator.	10

HP 32SII Indicators (vervolg)

Indicator	Betekenis	Hoofdstuk
	Onderste rij:	
▮	De toetsen op de bovenste rij van de calculator zijn opnieuw gedefinieerd en hebben de functie van de menulabels die boven de menuwijzers staan.	1
←, →	Er staan nog meer cijfers aan de linker- of rechterkant. Gebruik [→] [SHOW] als u de rest van een decimaal getal wilt zien; gebruik de linker en rechter "cursortoetsen" ([√x], [Σ+]) als u de rest van een vergelijking of een binair getal wilt zien.	1, 6
	Deze indicators kunnen tegelijkertijd in de display verschijnen; dit betekent dat *zowel* links als rechts nog meer tekens staan. Druk op één van beide aangegeven menutoetsen ([√x] of [Σ+]) als u de tekens die er voor of achter staan, wilt zien.	
A..Z	De lettertoetsen zijn actief.	3
⚠	Waarschuwing! Geeft een speciale situatie of een fout aan.	1
▭	De batterijen zijn bijna leeg.	A

Getallen intoetsen

U kunt getallen intoetsen met maximaal 12 cijfers en een exponent van 3 cijfers tot maximaal ±499. Als u probeert een groter getal in te toetsen, wordt het invoeren van cijfers onderbroken en ziet u korte tijd de ⚠ indicator in de display.

Als u een fout maakt bij het intoetsen van een getal, drukt u op ⬅ om terug te gaan en het laatste cijfer te verwijderen, of op C om het gehele getal te wissen.

Getallen negatief maken

Met de +/- toets verandert een getal van teken.

- Als u een negatief getal wilt intoetsen, typt u eerst het getal en drukt u daarna op +/-.
- Als u het teken van een eerder ingevoerd getal wilt veranderen, hoeft u alleen op +/- te drukken. (Als het getal een exponent heeft, geldt +/- alleen voor de *mantisse* — het gedeelte van het getal *zonder* exponent.)

Machten van 10

Exponenten in de display

Getallen met machten van tien (zoals $4{,}2\times10^{-5}$ worden getoond met een E voor de exponent (zoals bij 4,2000E-5).

Een getal dat te groot of te klein is voor de display instelling wordt automatisch weergegeven in exponentiële vorm.

Kijk bijvoorbeeld wat er gebeurt bij de volgende toetsaanslagen in de FIX 4 instelling met vier decimalen:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
.000062	0,000062_	Toont getal dat ingevoerd wordt.
ENTER	0,0001	Rondt het getal af volgens de display instelling.
.000042 ENTER	4,2000E-5	Gebruikt automatisch de wetenschappelijke notatie, omdat anders geen significante cijfers te zien zijn.

Machten van tien intoetsen

Gebruik E (*exponent*) om getallen in te toetsen die vermenigvuldigd worden met een macht van 10.

Neem bijvoorbeeld de constante van Planck, $6{,}6262\times10^{-34}$:

1. Toets de *mantisse* (het getal *zonder* exponent) van het getal in. Als de mantisse negatief is, drukt u op +/- *nadat* u de cijfers hebt ingetoetst.

Toetsen:	Display:
6.6262	6,6262_

2. Druk op E. U ziet dat de cursor achter de E komt:

E	6,6262E_

3. Toets de exponent in. (De exponent kan niet groter zijn dan ±499.) Als de exponent negatief is, drukt u op +/- *nadat* u de E hebt ingetoetst, of nadat u de waarde van de exponent hebt ingetoetst.

34 +/-	6,6262E-34_

Voor een macht van tien zonder vermenigvuldigingsfactor, zoals 10^{34}, drukt u alleen op E 34. In de display ziet u 1E34.

Machtsfuncties berekenen

Om een macht van tien te berekenen (het antilogaritme met grondtal 10), gebruikt u [↰] [10^x]. Om het resultaat te berekenen van een *willekeurig* getal dat tot een bepaalde macht (exponent) verheven wordt, gebruikt u [y^x] (zie hoofdstuk 4).

Het invoeren van getallen

Als u een getal intoetst, verschijnt de cursor (_) in de display. De cursor laat zien waar het volgende cijfer komt en geeft dus aan dat het getal niet volledig is.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
123	123_	Het invoeren van het getal is *niet* beëindigd: het getal is niet volledig.

Als u *een functie uitvoert* om een *oplossing* te berekenen, verdwijnt de cursor, omdat het getal nu *wel* voltooid is — het invoeren van het getal is beëindigd.

[$\sqrt{x}$]	11,0905	Het invoeren van het getal is beëindigd.

Als u op [ENTER] drukt, beëindigt u het invoeren van het getal. Om twee getallen te scheiden, toetst u eerst het eerste getal in, daarna drukt u op [ENTER] om het invoeren van het getal te beëindigen, en vervolgens toetst u het tweede getal in.

123 [ENTER]	123,0000	Een volledig getal.
4 [+]	127,0000	Eveneens een volledig getal.

Als het getal nog *niet* volledig is ingevoerd (u ziet de cursor nog), gaat u met [←] terug om het laatste cijfer te wissen. Als het getal *wel* volledig is ingevoerd, heeft [←] dezelfde functie als [C] en wordt het gehele getal gewist. Probeer het maar eens!

Getallenbereik en OVERFLOW

Het kleinste op de calculator weer te geven getal is 1×10^{-499}. Het grootste getal is $9{,}99999999999 \times 10^{499}$ (door afronding weergegeven als 1,0000E500).

- Als een berekening een oplossing geeft die groter is dan het grootst mogelijke getal, wordt $9{,}99999999999 \times 10^{499}$ getoond en ziet u de waarschuwingsmelding OVERFLOW.
- Als een berekening een oplossing geeft die kleiner is dan het kleinst mogelijke getal, wordt nul getoond. Er verschijnt geen waarschuwingsmelding.

Rekenkundige bewerkingen uitvoeren

Voordat u op een functietoets drukt, moeten alle operanden (getallen) aanwezig zijn. (Als u op een functietoets drukt, voert de calculator de op deze toets aangegeven functie direct uit).

Alle berekeningen kunnen vereenvoudigd worden tot functies met één en/of twee getallen.

Functies met één getal

Bij een functie met één getal (zoals [1/x], [√x], [←] [x²], of [+/-]) gaat u als volgt te werk:

1. Toets het getal in. (*U hoeft niet op* [ENTER] *te drukken.*)
2. Druk op de functietoets. (Voor functies met een *shift-toets* drukt u eerst op de juiste [←] of [→] toets.)

Bijvoorbeeld: bereken 1/32 en $\sqrt{148,84}$. Bereken vervolgens het kwadraat van de laatste uitkomst en verander dit getal van teken.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
32	32_	Operand.
[1/x]	0,0313	Reciproke waarde van 32.
148.84 [√x]	12,2000	Wortel van 148,84.
[↰] [x²]	148,8400	Kwadraat van 12,2.
[+/-]	-148,8400	Negatie van 148,8400.

Bij de functies met één getal horen ook trigonometrische, logaritmische, en hyperbolische functies, evenals functies met gedeelten van getallen. Deze functies worden besproken in hoofdstuk 4.

Functies met twee getallen

Bij een functie met twee getallen (zoals [+], [−], [×], [÷], [y^x] of [↱] [%CHG]) gaat u als volgt te werk:

1. Toets het eerste getal in.
2. Druk op [ENTER] om het eerste getal te scheiden van het tweede getal.
3. Toets het tweede getal in. (Druk *niet* op [ENTER].)
4. Druk op de functietoets. (Druk voor een functie met de shift-toets eerst op de juiste shift-toets).

Opmerking Toets *beide* getallen in (druk op [ENTER] om ze te scheiden) *voordat* u op een functietoets drukt.

Bijvoorbeeld:

Voor het berekenen van:	Drukt u op:	Display:
12 + 3	12 [ENTER] 3 [+]	15,0000
12 − 3	12 [ENTER] 3 [−]	9,0000
12 × 3	12 [ENTER] 3 [×]	36,0000
12^3	12 [ENTER] 3 [y^x]	1.728,0000
Procentuele verandering van 8 naar 5	8 [ENTER] 5 [→] [%CHG]	-37,5000

De volgorde van invoer is alleen belangrijk voor *niet*-commutatieve functies, zoals [−], [÷], [y^x] of [→] [%CHG]. Als u getallen in de verkeerde volgorde typt, kunt u toch een juiste oplossing krijgen (zonder ze opnieuw te typen) als u op [$x\rightleftarrows y$] drukt om *de volgorde van de getallen in het stapelgeheugen om te keren.* Vervolgens drukt u op de gewenste functietoets. (Gedetailleerde uitleg hierover staat in hoofdstuk 2 bij "Het X- en Y-register van het stapelgeheugen verwisselen".)

De display instellen

Punten en komma's in getallen

Punten en komma's, die in een getal gebruikt worden als decimaalteken en scheidingsteken, worden als volgt verwisseld:

1. Druk op ↩ (MODES), zodat het MODES menu in de display verschijnt.
2. Geef het decimaalteken aan door op {.} of {,} te drukken. Het getal één miljoen ziet er bijvoorbeeld als volgt uit:
   - `1,000,000.0000` als u op {.} drukt, of
   - `1.000.000,0000` als u op {,} drukt.

Aantal decimalen

Alle getallen worden in 12 cijfers nauwkeurig *opgeslagen*, maar u kunt het aantal *getoonde* decimalen kiezen door op ↩ (DISP) (het display menu) te drukken. Bij sommige gecompliceerde interne berekeningen werkt de calculator voor tussentijdse resultaten tot in 15 cijfers nauwkeurig. Het getoonde getal wordt volgens de display instelling *afgerond*. Het DISP menu biedt u vier opties:

`FX SC EN ALL`

"Vaste komma" notatie (Fixed Decimal) ({FX})

In de FIX notatie worden getallen bij voldoende ruimte weergegeven met maximaal 11 decimalen (11 cijfers *rechts* van het decimaalteken "." of ","). Type na de aanroep `FIX_` het aantal decimalen dat getoond moet worden. Druk voor 10 of 11 decimalen op ⊙ 0 of ⊙ 1.

Bijvoorbeeld: in het getal `123.456,7089`, zijn "7," "0," "8," en "9" de decimalen die u ziet als op de calculator de display is ingesteld op FIX 4.

Getallen die te groot of te klein zijn om in de huidige decimalen-instelling getoond te worden, worden automatisch in wetenschappelijke notatie getoond.

Wetenschappelijke notatie ({SC})

In de SCI notatie worden getallen in wetenschappelijke notatie weergegeven (één cijfer voor het decimaalteken "." of ",") met maximaal 11 decimalen (bij voldoende ruimte) en een exponent van maximaal drie cijfers. Type na de aanroep SCI _ het aantal weer te geven decimalen. Druk voor 10 of 11 decimalen op ⓞ 0 of ⓞ 1.(Het gehele deel van het getal is altijd kleiner dan 10.)

Bijvoorbeeld: in het getal 1,2346E5, zijn "2," "3," "4," en "6" de decimalen die u ziet als de display van de calculator is ingesteld op SCI 4. De "5" na de E is de macht waartoe 10 wordt verheven.

"Engineering" notatie ({EN})

In de ENG notatie worden getallen op dezelfde wijze weergegeven als bij de wetenschappelijke notatie, alleen is bij de ENG instelling de exponent een veelvoud van drie (er kunnen maximaal drie cijfers staan voor het decimaalteken "." of ","). Deze instelling kan het best gebruikt worden bij wetenschappelijke en "engineering" bewerkingen waarbij eenheden nodig zijn die aangegeven worden in veelvouden van 10^3 (zoals micro-, milli- en kilo-eenheden.)

Na de aanroep ENG _ typt u het aantal cijfers dat u *achter* het eerste significante cijfer wilt zien. Druk voor 10 of 11 cijfers op ⓞ 0 of ⓞ 1.

Bijvoorbeeld: in het getal 123,46E3 zijn "2," "3," "4," en "6" de significante cijfers die u ziet als de display van de calculator is ingesteld op ENG 4. De "3" achter de "E" is de macht (veelvoud van 3) waartoe 10 wordt verheven.

ALL notatie ({ALL})

In de ALL notatie worden getallen zo nauwkeurig mogelijk weergegeven (maximaal 12 cijfers). Als niet alle cijfers in de display passen, wordt het getal automatisch in wetenschappelijke notatie getoond: 123.456

SHOW instelling met volledige nauwkeurigheid van 12 cijfers

Als u het aantal getoonde decimalen wijzigt, heeft dit wel invloed op wat u ziet, maar niet op de interne weergave van getallen. Intern opgeslagen getallen bestaan altijd uit 12 cijfers.

Bijvoorbeeld: van het getal 14,8745632019 ziet u alleen "14,8746" als de display instelling van de calculator FIX 4 is; de laatste zes cijfers ("632019") worden wel intern in de calculator weergegeven.

Om een getal tijdelijk met volledige nauwkeurigheid weer te geven, drukt u op [→] [SHOW]. Zolang u de [SHOW] toets ingedrukt houdt, wordt de *mantisse* (maar geen exponent) van het getal getoond.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[←] [DISP] {FX} 4		Toont vier decimalen.
45 [ENTER] 1.3 [×]	58,5000	Vier decimalen worden getoond.
[←] [DISP] {SC} 2	5,85E 1	Wetenschappelijke notatie: twee decimalen en een exponent.
[←] [DISP] {EN} 2	58,5E0	"Engineering" notatie.
[←] [DISP] {ALL}	58,5	Alle significante cijfers; decimale nullen aan het einde worden verwijderd.
[←] [DISP] {FX} 4	58,5000	Vier decimalen, geen exponent.
[1/x]	0,0171	Reciproke waarde van 58,5.
[→] [SHOW] (ingedrukt houden)	17094017094O	Geeft getal met volledige nauwkeurigheid weer tot u [SHOW] loslaat.

Breuken

Met de HP 32SII kunt u breuken intoetsen en tonen en wiskundige bewerkingen met breuken uitvoeren. Breuken zijn *reële* getallen in de volgende vorm:

$$a\ b/c$$

waarbij a, b en c gehele getallen zijn, $0 \leq b \leq c$ en de noemer (c) tussen 2 en 4095 ligt.

Breuken invoeren

U kunt op elk gewenst moment breuken invoeren in het stapelgeheugen:

1. Toets het gehele gedeelte van het getal in en druk op [·]. (De eerste [·] scheidt het gehele gedeelte van het getal van het breukgedeelte.)
2. Toets de teller van de breuk in en druk opnieuw op [·]. De tweede [·] scheidt de teller van de noemer.
3. Toets de noemer in en druk vervolgens op [ENTER] of een functietoets om het invoeren van getallen te beëindigen. Het getal of resultaat wordt overeenkomstig de huidige display instelling getoond.

Het $a\ b/c$ symbool onder de [·] toets herinnert u eraan dat de [·] toets tweemaal gebruikt wordt bij het invoeren van een breuk.

Om bijvoorbeeld de breuk $12\ ^{3}/_{8}$ in te voeren, drukt u op de volgende toetsen:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
12	12_	Voert het gehele gedeelte van het getal in.
[.]	12,_	De [.] toets wordt op de normale wijze geïnterpreteerd.
3	12,3_	Voert de teller van de breuk in (het getal wordt nog steeds in de decimale vorm weergegeven).
[.]	12 3/_	De calculator interpreteert het getal na de tweede [.] als een breuk en scheidt de teller van de noemer.
8	12 3/8_	Voegt de noemer van de breuk toe.
[ENTER]	12,3750	Beëindigt het invoeren van het getal; toont het getal in de huidige display instelling.

Als het getal dat u invoert geen geheel gedeelte heeft (bijvoorbeeld $^{3}/_{8}$), voert u het getal zonder geheel gedeelte in:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[.] 3 [.] 8	0 3/8_	Voert geen geheel gedeelte van een getal in. (U kunt ook 3 [.] [.] 8 gebruiken.)
[ENTER]	0,3750	Beëindigt het invoeren van het getal; toont het getal in de huidige display instelling (FIX 4).

De weergave van breuken

Druk op ↩ (FDISP) om te wisselen tussen de display modus voor breuken en de huidige decimale display modus.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
12 ⊡ 3 ⊡ 8	12 3/8_	Toont de tekens zoals u ze intoetst.
(ENTER)	12,3750	Beëindigt het invoeren van getallen; toont het getal in de huidige display instelling.
↩ (FDISP)	12 3/8	Toont het getal als een breuk.

Tel nu $^{3}/_{4}$ op bij het getal in het X-register ($12\ ^{3}/_{8}$):

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
⊡ 3 ⊡ 4	0 3/4_	Toont de tekens zoals u ze intoetst.
⊞	13 1/8	Telt de getallen in het X- en Y-register bij elkaar op; geeft het resultaat als een breuk weer.
↩ (FDISP)	13,1250	Gaat over op de huidige decimale display instelling.

Raadpleeg hoofdstuk 5, "Breuken" voor meer informatie over het werken met breuken.

Meldingen

De calculator reageert op bepaalde situaties of toetsaanslagen met een melding in de display. Het ⚠ symbool verschijnt om u attent te maken op de melding.

- Als u een melding wilt wissen, drukt u op [C] of [◆].
- Als u een melding wilt wissen *en* een andere functie wilt uitvoeren, drukt u op een willekeurige andere toets.

Als er geen melding, maar wel het ⚠ symbool verschijnt, hebt u op een *niet actieve* toets gedrukt (een toets die in de huidige situatie geen functie heeft, zoals [3] in de binaire modus).

Alle getoonde meldingen worden uitgelegd in appendix E, "Meldingen".

Geheugen van de calculator

De HP 32SII heeft een geheugen van 384 bytes, waarin u een willekeurige combinatie van gegevens kunt opslaan (variabelen, vergelijkingen of programmaregels). De eisen die aan het geheugen worden gesteld voor speciale activiteiten staan in "Het geheugenbeheer van de calculator beheren" in appendix B.

Beschikbaar geheugen controleren

Als u op [↩] [MEM] drukt, verschijnt het volgende menu:

`216,0 VAR PGM`

waarbij

`216,0` het aantal beschikbare geheugenbytes weergeeft.

Als u op de {VAR} menutoets drukt, verschijnt de variabelencatalogus (zie "Variabelen in de VAR Catalogus bekijken" in hoofdstuk 3). Als u op de {PGM} menutoets drukt, verschijnt de programmacatalogus.

1. Om naar de variabelencatalogus te gaan, drukt u op {VAR}; om naar de programmacatalogus te gaan, drukt u op {PGM}.
2. Om een catalogus te bekijken, drukt u op ↩ ▼ of ↩ ▲.
3. Om een variabele of een programma te verwijderen, drukt u op ↩ CLEAR terwijl u de variabele of het programma in de catalogus bekijkt.
4. Om de catalogus te verlaten, drukt u op C.

Het gehele geheugen wissen

Door het gehele geheugen te *wissen*, worden alle getallen, vergelijkingen en programma's die u hebt opgeslagen, verwijderd. Het wissen heeft geen invloed op de ingestelde modus en notatie. (Zie "Het geheugen wissen" in appendix B voor het wissen van zowel instellingen als gegevens.)

Om het gehele geheugen te wissen gaat u als volgt te werk:

1. Druk op ↩ CLEAR {ALL}. De calculator vraagt u uw keuze te bevestigen met CLR ALL? {Y} {N}, waardoor voorkomen wordt dat het geheugen per ongeluk gewist wordt.
2. Druk op {Y} (*ja*).

2

Het automatisch stapelgeheugen

In dit hoofdstuk staat hoe de bewerkingen in het automatische stapelgeheugen uitgevoerd worden. *Het is niet absoluut noodzakelijk dat u deze informatie leest en begrijpt om de calculator te kunnen gebruiken*, maar als u dit hoofdstuk begrijpt, kunt u veel efficiënter met de calculator werken, vooral bij het programmeren.

In deel 2, "Programmeren", leest u hoe u met behulp van het stapelgeheugen gegevens voor programma's kunt manipuleren en organiseren.

Wat is het stapelgeheugen?

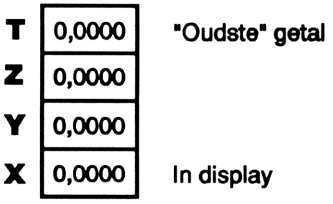
Door het *automatisch opslaan van tussentijdse resultaten* kan de HP 32SII gemakkelijk complexe bewerkingen uitvoeren zonder haakjes te gebruiken. De sleutel tot het automatisch opslaan is het *automatische RPN stapelgeheugen*.

De logica waar HP mee werkt is gebaseerd op een eenduidige wiskundige logica *zonder haakjes* die bekend staat als "Polish Notation" (Poolse notatie) en werd ontwikkeld door de Poolse logicus Jan Łukasiewicz (1878—1956).

In tegenstelling tot de gebruikelijke algebraïsche notatie, waarbij de operanden *tussen* de relevante getallen of variabelen staan, worden de operanden in de notatie van Łukasiewicz *voor* de getallen of variabelen gezet. Om het stapelgeheugen zo efficiënt mogelijk te laten werken, heeft HP deze notatie aangepast, zodat de operanden nu *achter* de getallen aangegeven worden. Vandaar de benaming *Reverse Polish Notation* (omgekeerde Poolse notatie) of *RPN*.

Het stapelgeheugen bestaat uit vier geheugenplaatsen voor gegevensopslag, die *registers* genoemd worden en op elkaar "gestapeld"

zijn. Deze registers—met de naam X, Y, Z en T—slaan vier actieve getallen op en kunnen deze getallen manipuleren. Het "oudste" getal wordt opgeslagen in het T- (*top*) register. Het stapelgeheugen is het werkgebied voor berekeningen.



Het meest "recente" getal staat in het X-register: *dit is het getal dat u in de display ziet.*

Bij het programmeren wordt het stapelgeheugen gebruikt voor het uitvoeren van berekeningen, het tijdelijk opslaan van tussentijdse resultaten, het doorgeven van opgeslagen gegevens (variabelen) aan programma's en subroutines, het ontvangen van gegevens en het uitvoeren van gegevens.

Het X-register staat in de display

Het X-register ziet u altijd in de display, *behalve* wanneer een menu, een melding of een programmaregel wordt getoond. U hebt misschien gezien dat in verschillende functienamen een x of een y staat. Dit is geen toeval: de letters verwijzen naar het X- en Y-register. Bijvoorbeeld: met [←] [10^x] wordt tien verheven tot de macht van het getal dat in het X-register staat (het getoonde getal).

Het X-register wissen

Als u op [←] [CLEAR] {×}drukt, wordt het X-register *altijd* gewist, zodat er nul in staat; deze toetsen worden ook gebruikt om de instructie voor het wissen te programmeren. De functie van de [C] toets is echter afhankelijk van de context. Deze toets wist of annuleert de huidige display, afhankelijk van de situatie: alleen wanneer het X-register getoond wordt, heeft [C] dezelfde functie als [←] [CLEAR] {×}. Wanneer het X-register wordt getoond *en* de cijfermatige invoer van getallen is beëindigd (geen cursor), heeft ook

[←] dezelfde functie als [↰] [CLEAR] {×}. Deze toets *annuleert* andere displays: menu's, getallen met een label, meldingen en het invoeren van vergelijkingen en programma's.

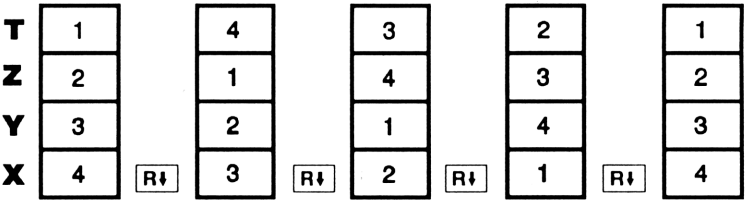
Het stapelgeheugen bekijken

R↓ (omlaagschuiven)

Met de [R↓] toets (*omlaagschuiven*) kunt u de gehele inhoud van het stapelgeheugen bekijken door de inhoud per register "omlaag te schuiven". U kunt ieder getal zien als het in het X-register komt.

Stel dat in het stapelgeheugen de getallen 1, 2, 3 en 4 staan (druk op 1 [ENTER] 2 [ENTER] 3 [ENTER] 4). Als u vier maal op [R↓] drukt, schuiven de getallen helemaal door en is tenslotte de oorspronkelijke situatie weer hersteld:

T	1		4		3		2		1
Z	2		1		4		3		2
Y	3		2		1		4		3
X	4	R↓	3	R↓	2	R↓	1	R↓	4

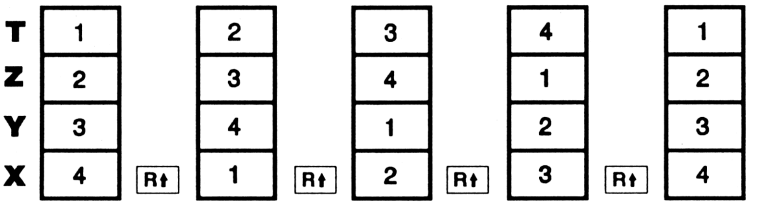


Wat in het X-register stond, *schuift door* naar het T-register, de inhoud van het T-register schuift door naar het Z-register, etc. U ziet dat alleen de *inhoud* van de registers verschuift — de registers zelf blijven op hun plaats en alleen de inhoud van het X-register wordt getoond.

R↑ (omhoogschuiven)

De [→] [R↑] toets (*omhoogschuiven*) heeft een soortgelijke functie als [R↓], alleen wordt bij deze toets de inhoud van het stapelgeheugen per register "omhooggeschoven".

De inhoud van het X-register schuift door naar het Y-register; de inhoud van het T-register schuift door naar het X-register enzovoort.



Het X- en Y-register van het stapelgeheugen verwisselen

Een andere toets waarmee u de inhoud van het stapelgeheugen kunt bewerken, is [x≷y] (*x en y verwisselen*). Deze toets verwisselt de inhoud van het X- en Y-register zonder de rest van het stapelgeheugen te beïnvloeden. Als u tweemaal op [x≷y] drukt, wordt de oorspronkelijke volgorde van de inhoud van het X- en Y-register weer hersteld.

De [x≷y] functie wordt hoofdzakelijk voor de volgende twee doeleinden gebruikt:

- Om de inhoud van het Y-register te bekijken en vervolgens weer terug te zetten in *y* (druk tweemaal op [x≷y]).

  Sommige functies leveren twee resultaten op: één in het X-register en één in het Y-register. Bijvoorbeeld: met [←] [→θ,r] worden de rechthoekige coördinaten in de X- en Y-registers omgezet in polaire coördinaten in de X- en Y-registers.

- Om de volgorde van getallen in een bewerking te verwisselen.

  Bijvoorbeeld: één mogelijkheid om 9 ÷ (13 × 8) te berekenen, is:

  Druk op 13 [ENTER] 8 [×] 9 [x≷y] [÷].

Om deze uitdrukking *van links naar rechts* te berekenen, gebruikt u de volgende toetsaanslagen:

9 [ENTER] 13 [ENTER] 8 [×] [÷].

Opmerking

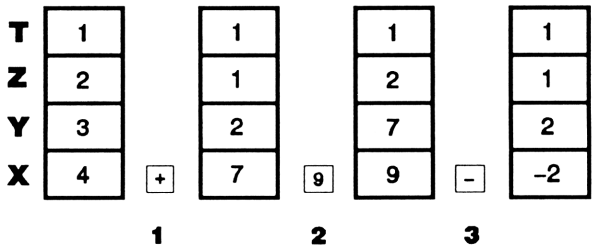
Let er altijd op dat er niet meer dan vier getallen in het stapelgeheugen staan — de inhoud van het T-register (het bovenste register) gaat verloren als u een vijfde getal invoert.

Berekeningen met het stapelgeheugen

De inhoud van het stapelgeheugen schuift automatisch omhoog en omlaag als er nieuwe getallen in het X-register ingevoerd worden (*omhoog*) en als bij een bewerking twee getallen uit het X- en Y-register gecombineerd worden tot één getal in het X-register (*omlaag*).

Stel dat in het stapelgeheugen de getallen 1, 2, 3 en 4 staan. Hieronder ziet u hoe de inhoud van het stapelgeheugen tijdens een berekening omhoog- en omlaagschuift, bij het berekenen van:

$$3 + 4 - 9$$



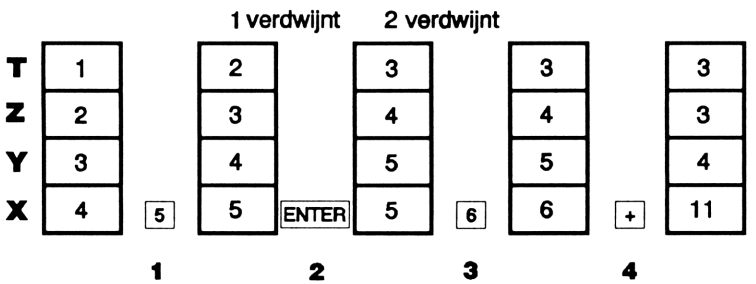
1. De inhoud van het stapelgeheugen schuift omlaag. De inhoud van het T-register (bovenste register) wordt *gekopieerd*.
2. De inhoud van het stapelgeheugen schuift omhoog. De inhoud van het T-register gaat *verloren*.
3. Het stapelgeheugen schuift omlaag.

- U ziet dat bij het omhoogschuiven van het stapelgeheugen de inhoud van het T-register (bovenste register) wordt vervangen door de inhoud van het Z-register, en dat de *vorige* inhoud van het T-register verloren gaat. Hieraan ziet u dat in het stapelgeheugen maximaal vier getallen kunnen staan.
- Omdat het stapelgeheugen automatisch verschuift, hoeft u het X-register *niet* te wissen voordat u een nieuwe bewerking uitvoert.
- Bij de meeste functies wordt het stapelgeheugen voorbereid op het omhoogschuiven van de inhoud *als u het volgende getal in het X-register invoert*. Zie appendix B voor een lijst van functies die het omhoogschuiven van het stapelgeheugen uitschakelen.

Werken met ENTER

Eerder werd al gezegd dat (ENTER) twee getallen, die na elkaar worden ingetoetst, van elkaar scheidt. Maar hoe gaat dit bij het stapelgeheugen in zijn werk? Stel dat in het stapelgeheugen opnieuw de getallen 1, 2, 3 en 4 staan. Voer nu twee nieuwe getallen in en tel ze op:

5 + 6



1. Het stapelgeheugen schuift omhoog.
2. Het stapelgeheugen schuift omhoog en de inhoud van het X-register wordt gekopieerd.
3. Het stapelgeheugen schuift *niet* omhoog.
4. Het stapelgeheugen schuift omlaag en kopieert de inhoud van het T-register.

Met [ENTER] kopieert u de inhoud van het X-register in het Y-register. Het volgende getal dat u intoetst (of oproept), *overschrijft* de kopie van het eerste getal die nog in het X-register staat. Op deze manier worden twee na elkaar ingevoerde getallen gescheiden.

U kunt deze kopieerfunctie van [ENTER] ook gebruiken om het stapelgeheugen snel te wissen: druk op 0 [ENTER] [ENTER] [ENTER]. In alle registers van het stapelgeheugen staat nu nul. Het is echter *niet nodig* om het stapelgeheugen te wissen voordat u bewerkingen uitvoert.

Een getal tweemaal achter elkaar gebruiken

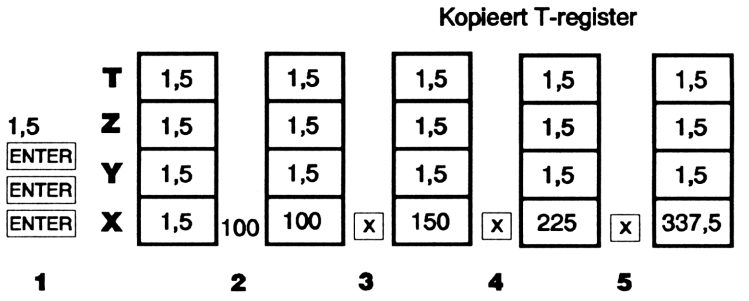
De kopieerfunctie van [ENTER] is ook handig voor andere bewerkingen. Om een getal bij zichzelf op te tellen, drukt u op [ENTER] [+].

Het stapelgeheugen vullen met een constante

Als u het kopieer-effect van [ENTER] combineert met het kopieer-effect bij het omlaagschuiven van het stapelgeheugen (van T naar Z), kunt u bij berekeningen het stapelgeheugen vullen met een numerieke constante.

Voorbeeld:

Hoe groot is bij een gegeven bacteriecultuur met een constant groeipercentage van 50% een populatie van 100 na drie dagen?



1. Vult het stapelgeheugen met het groeipercentage.
2. Toetst de initiële populatie in.
3. Berekent de populatie na 1 dag.
4. Berekent de populatie na 2 dagen.
5. Berekent de populatie na 3 dagen.

Werken met CLEAR x

Als u de display (het X-register) wist, komt er een nul in het X-register. Het volgende getal dat u intoetst (of oproept), *overschrijft* deze nul.

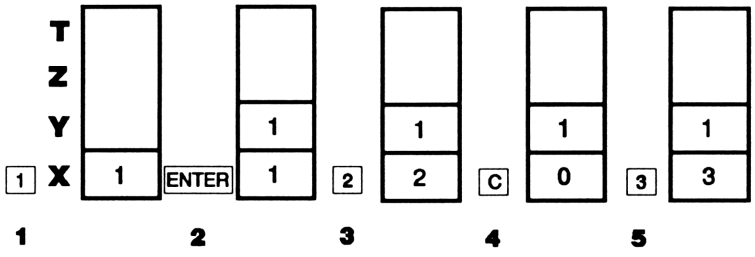
Er zijn drie manieren om de inhoud van het X-register, d.w.z. x, te wissen:

1. Druk op [C].
2. Druk op [←].
3. Druk op [↰] [CLEAR] {x}. (Voornamelijk gebruikt tijdens het invoeren van een programma.)

Let op de volgende uitzonderingen:

- Tijdens het invoeren van een programma verwijdert ← de huidige programmaregel in de display en annuleert C het invoeren van een programma.
- Tijdens het invoeren van getallen gaat u met ← terug om het getoonde getal te wissen.
- Als in de display een getal met een *label* staat (zoals A=2,0000), annuleert u met C of ← deze display zodat het X-register getoond wordt.
- Tijdens het bekijken van een vergelijking plaatst ← de cursor aan het eind van de vergelijking, zodat u deze kunt wijzigen.
- Tijdens het invoeren van vergelijkingen wist ← de getoonde vergelijking, en gaat daarbij steeds één functie terug.

Als u bijvoorbeeld 1 en 3 wilt invoeren, maar per vergissing 1 en 2 invoert, gaat u als volgt te werk om de vergissing te herstellen:



1. Het stapelgeheugen schuift omhoog.
2. Het stapelgeheugen schuift omhoog en de inhoud van het X-register wordt gekopieerd.
3. Het X-register wordt overschreven.
4. x wordt gewist door de waarde te overschrijven met nul.
5. Overschrijft x (vervangt de nul).

Het LAST X register

Het LAST X register is een aanvulling op het stapelgeheugen: hierin wordt het getal bewaard dat in het X-register stond voordat de laatste numerieke functie werd uitgevoerd. (Een numerieke functie is een bewerking waarbij een resultaat wordt berekend vanuit één of meer andere getallen, zoals bij [√x].) Als u op [←] [LAST x] drukt, komt deze waarde in het X-register.

Deze mogelijkheid om de "laatste x" op te vragen, wordt voornamelijk gebruikt voor:

1. Het corrigeren van fouten.
2. Het opnieuw gebruiken van een getal in een bewerking.

Zie appendix B voor een complete lijst van functies waarbij x in het LAST X register wordt opgeslagen.

Fouten corrigeren met LAST X

Verkeerde functie met één getal

Als u een verkeerde functie met één getal uitvoert, gebruikt u [←] [LASTx] om het getal weer op te vragen, zodat u de juiste functie kunt uitvoeren.
(Druk *eerst* op [C] als u de foutieve oplossing uit het stapelgeheugen wilt wissen.) Omdat bij [→] [%] en [→] [%CHG] het stapelgeheugen niet omlaagschuift, kunt u deze functies op dezelfde manier herstellen als een functie met één getal.

Voorbeeld:

Stel dat u zojuist ln 4,7839 × (3,879 × 10^5) hebt berekend en nu de wortel wilt berekenen, maar per vergissing op [e^x] drukt. U hoeft niet opnieuw te beginnen! Om de juiste oplossing te krijgen, drukt u op [←] [LAST x] [√x].

Vergissingen bij functies met twee getallen

Als u een vergissing maakt bij een bewerking met twee getallen ([+], [−], [×], [÷], [y^x] of [$\sqrt[x]{y}$]), kunt u deze corrigeren met behulp van [↩] [LAST x] en de *inverse* van de functie met twee getallen ([−] of [+], [÷] of [×], [$\sqrt[x]{y}$] of [y^x]):

1. Druk op [↩] [LAST x] om het tweede getal te herstellen (x vlak voor de bewerking).
2. Voer de inverse bewerking uit. Hierdoor krijgt u het getal dat oorspronkelijk het eerste getal was. Het tweede getal staat nog steeds in het LAST X register.
   U gaat als volgt verder:
   - Als u de *verkeerde functie* hebt gebruikt, drukt u opnieuw op [↩] [LAST x] om de oorspronkelijke inhoud van het stapelgeheugen te herstellen. Voer nu de juiste functie uit.
   - Als u een *verkeerd tweede getal* hebt gebruikt, toetst u het juiste getal in en voert u de functie uit.

Als u een *verkeerd eerste getal* hebt gebruikt, toetst u het juiste eerste getal in, drukt u op [↩] [LAST x] om het tweede getal te herstellen en voert u vervolgens de functie opnieuw uit. (Druk *eerst* op [C] als u de foutieve oplossing uit het stapelgeheugen wilt wissen.)

Voorbeeld:

Stel dat u een fout maakt bij het berekenen van

$$16 \times 19 = 304.$$

U kunt hierbij drie verschillende vergissingen maken:

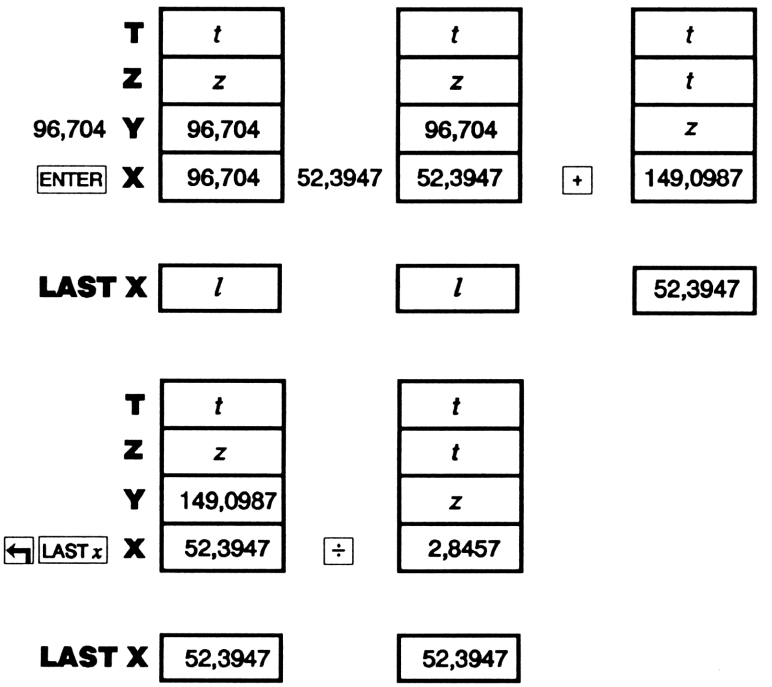
Verkeerde berekening:	Vergissing:	Correctie:
16 [ENTER] 19 [−]	Verkeerde functie.	[↩] [LAST x] [+] [↩] [LAST x] [×]
15 [ENTER] 19 [×]	Verkeerd eerste getal.	16 [↩] [LAST x] [×]
16 [ENTER] 18 [×]	Verkeerd tweede getal.	[↩] [LAST x] [÷] 19 [×]

Getallen opnieuw gebruiken met LAST X

[↩] [LAST x] maakt het ook mogelijk een getal (zoals een constante) in een berekening opnieuw te gebruiken. Denk eraan dat u de constante als tweede getal invoert, vlak voordat u de rekenkundige bewerking uitvoert, zodat de constante het laatste getal in het X-register is, en dus met [↩][LAST x] opgeslagen en opgeroepen kan worden.

Voorbeeld:

Bereken $\dfrac{96,704 + 52,3947}{52,3947}$



Toetsen:	Display:	Beschrijving:
96.704 [ENTER]	96,704	Voert het eerste getal in.
52.3947 [+]	149,0987	Tussentijds resultaat.
[↶] [LAST x]	52,3947	Herstelt de inhoud die in de display stond voordat u op [+] drukte.
[÷]	2,8457	Definitief resultaat.

Voorbeeld:

Alfa Centaurus (afstand 4,3 lichtjaren) en Sirius (afstand 8,7 lichtjaren) zijn twee naaste "buursterren" van de zon. Gebruik c, de lichtsnelheid ($9{,}5 \times 10^{15}$ meter per jaar) om de afstand van de aarde tot deze sterren te converteren in meters:

Afstand tot Alfa Centaurus: 4,3 jr × ($9{,}5 \times 10^{15}$ m/jr).
Afstand tot Sirius: 8,7 jr × ($9{,}5 \times 10^{15}$ m/jr).

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
4.3 [ENTER]	4,3000	Afstand tot Alfa Centaurus in lichtjaren.
9.5 [E] 15	9,5E15_	Lichtsnelheid c.
[×]	4,0850E16	Afstand tot A. Centaurus in meters.
8.7 [↶] [LAST x]	9,5000E15	Haalt c op.
[×]	8,2650E16	Afstand tot Sirius in meters.

Kettingberekeningen

Omdat de inhoud van het stapelgeheugen automatisch omhoog- en omlaagschuift, kunt u tussentijdse resultaten behouden zonder ze op te slaan of opnieuw in te voeren en zonder haakjes te gebruiken.

Vanuit de haakjes werken

Bijvoorbeeld: bereken (12 + 3) × 7.

Als u dit vraagstuk op papier uitwerkt, berekent u eerst het tussentijdse resultaat van (12 + 3) ...

$$(12 + 3) = 15$$

... en vervolgens vermenigvuldigt u het tussentijdse resultaat met 7:

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

Los het probleem met de HP 32SII op dezelfde manier op, en begin *binnen* de haakjes:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
12 [ENTER] 3 [+]	15,0000	Berekent eerst het tussentijdse resultaat.

U hoeft niet op [ENTER] te drukken om dit tussentijdse resultaat op te slaan voor u verder gaat; omdat het een *berekend* resultaat is, wordt het automatisch opgeslagen.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
7 [×]	105,0000	Door op de functietoets te drukken krijgt u de oplossing. De oplossing kan in volgende berekeningen worden gebruikt.

Bekijk nu de volgende voorbeelden. Denk eraan dat u alleen op [ENTER] hoeft te drukken om *na elkaar ingevoerde* getallen te scheiden, zoals aan het begin van een vraagstuk. De bewerkingen zelf ([+], [−], etc.) scheiden na elkaar ingevoerde getallen en slaan de tussentijdse resultaten op. Het laatst opgeslagen resultaat is het eerste dat wordt opgevraagd als het nodig is voor het uitvoeren van de bewerking.

Bereken 2 ÷ (3 + 10):

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
3 [ENTER] 10 [+]	13,0000	Berekent eerst (3 + 10).
2 [x≷y] [÷]	0,1538	Plaatst de 2 *voor* de 13, zodat de deling juist wordt uitgevoerd: 2 ÷ 13.

Bereken 4 ÷ [(14 + (7 × 3) − 2]:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
7 [ENTER] 3 [×]	21,0000	Berekent (7 × 3).
14 [+] 2 [−]	33,0000	Berekent de noemer.
4 [x≷y]	33,0000	Plaatst 4 *voor* 33 om de deling uit te voeren.
[÷]	0,1212	Berekent 4 ÷ 33, de oplossing.

Vraagstukken met meerdere haakjes kunnen op dezelfde manier opgelost worden door de tussentijdse resultaten automatisch op te slaan.
Als u bijvoorbeeld (3 + 4) × (5 + 6) op papier berekent, berekent u eerst de term (3 + 4). Daarna berekent u (5 + 6). Tenslotte vermenigvuldigt u de twee tussentijdse resultaten om een oplossing te krijgen.

Los dit vraagstuk op dezelfde manier op met de HP 32SII, alleen hoeft u nu de tussentijdse resultaten niet op te schrijven—de calculator onthoudt ze voor u.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
3 [ENTER] 4 [+]	7,0000	Berekent eerst (3 + 4).
5 [ENTER] 6 [+]	11,0000	Berekent vervolgens (5 + 6).
[×]	77,0000	Vermenigvuldigt tenslotte de tussentijdse resultaten met elkaar voor de definitieve oplossing.

Oefeningen

Bereken:

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

Oplossing:

16.3805 [ENTER] 5 [×] [√x] .05 [÷]

Bereken:

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

Oplossing:

2 [ENTER] 3 [+] 4 [ENTER] 5 [+] [×] [√x] 6 [ENTER] 7 [+] 8 [ENTER] 9 [+] [×] [√x] [+]

Bereken:

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

Oplossing:

17 [ENTER] 12 [−] 4 [×] 10 [ENTER] 5 [−] [x≷y] [÷]
of
10 [ENTER] 5 [−] 17 [ENTER] 12 [−] 4 [×] [÷]

Volgorde van bewerkingen

Wij raden u aan kettingberekeningen op te lossen door vanuit de binnenste haakjes naar buiten te werken. Maar u kunt vraagstukken ook van links naar rechts oplossen.

Bijvoorbeeld: u hebt het volgende al berekend:

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

door te beginnen met de binnenste haakjes (7 × 3) en vervolgens naar buiten te werken, net zoals u dat op papier berekent. De toetsaanslagen waren 7 [ENTER] 3 [×] 14 [+] 2 [−] 4 [x≷y] [÷].

Als u het vraagstuk van links naar rechts oplost, drukt u op

4 [ENTER] 14 [ENTER] 7 [ENTER] 3 [×] [+] 2 [−] [÷].

Bij deze methode wordt één extra toetsaanslag gebruikt. U ziet dat het eerste tussentijdse resultaat ook hier de oplossing van de binnenste haakjes (7 × 3) is. Deze van-links-naar-rechts-methode heeft het voordeel dat u [x≷y] niet hoeft te gebruiken om operanden voor *niet-commutatieve* functies ([−] en [÷]) op de juiste plaats te zetten.

Toch wordt vaak de voorkeur gegeven aan de eerste methode (die begint met de binnenste haakjes), omdat:

- Er minder toetsaanslagen nodig zijn.
- Er minder registers in het stapelgeheugen nodig zijn.

Opmerking

Let er bij de van-links-naar-rechts-methode op, dat er niet meer dan *vier* tussentijdse getallen (of resultaten) tegelijkertijd nodig zijn (er kunnen niet meer dan vier getallen in het stapelgeheugen staan).

Als u het voorgaande voorbeeld *van links naar rechts* oplost, hebt u op een bepaald moment alle registers nodig:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
4 [ENTER] 14 [ENTER]	14,0000	Slaat 4 en 14 als tussentijdse resultaten op in het stapelgeheugen.
7 [ENTER] 3	3_	Nu is het stapelgeheugen vol met getallen voor deze berekening.
[×]	21,0000	Tussentijds resultaat.
[+]	35,0000	Tussentijds resultaat.
2 [−]	33,0000	Tussentijds resultaat.
[÷]	0,1212	Definitieve oplossing.

Nog meer oefeningen

Oefen in het gebruiken van RPN door de volgende vraagstukken uit te werken:

Bereken:

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

Een oplossing:

14 [ENTER] 12 [+] 18 [ENTER] 12 [−] [×] 9 [ENTER] 7 [−] [÷]

Bereken:

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

Een oplossing:

23 [↶] [x^2] 13 [ENTER] 9 [×] [−] 7 [1/x] [+]

Bereken:

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

Oplossing:

5.4 [ENTER] .8 [×] .7 [ENTER] 3 [y^x] 12.5 [$x \rightleftarrows y$] [−] [÷] [$\sqrt{x}$]

of

5.4 [ENTER] .8 [×] 12.5 [ENTER] .7 [ENTER] 3 [y^x] [−] [÷] [$\sqrt{x}$]

Bereken:

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

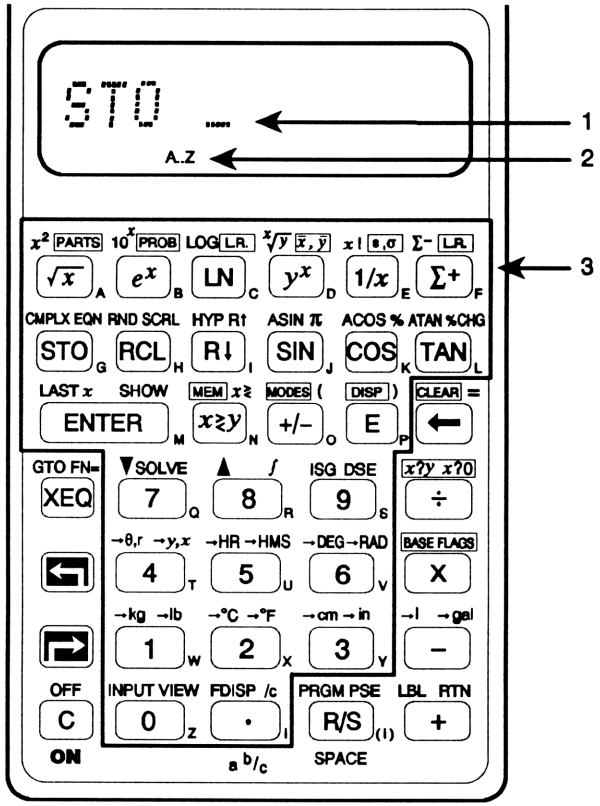
Een oplossing:

4 [ENTER] 5.2 [−] 8.33 [×] [↶] [LAST x] 7.46 [−] 0.32 [×] [÷] 3.15 [ENTER]
2.75 [−] 4.3 [×] 1.71 [ENTER] 2.01 [×] [−] [÷] [$\sqrt{x}$]

3

Gegevens opslaan in variabelen

De HP 32SII heeft een *gebruikersgeheugen* van 384 bytes. Dit is een geheugen dat u kunt gebruiken voor het opslaan van getallen, vergelijkingen en programmaregels. Getallen worden opgeslagen in geheugenplaatsen die *variabelen* genoemd worden en een letter van *A* tot en met *Z* als naam hebben. (U kunt een bijpassende letter kiezen om te onthouden wat in de variabele is opgeslagen, bijvoorbeeld *B* voor banksaldo en *C* voor een constante als de lichtsnelheid).



1. De cursor vraagt om invoer van een variabele.
2. Geeft aan dat lettertoetsen actief zijn.
3. Lettertoetsen

Bij iedere witte letter hoort een toets en een specifieke variabele. De lettertoetsen worden, indien nodig, automatisch geactiveerd. (Dit wordt bevestigd door de **A..Z** indicator in de display.)

Let erop dat de variabelen X, Y, Z, en T *een ander soort* geheugenplaatsen zijn dan de X-, Y-, Z- en T-registers in het stapelgeheugen.

Getallen opslaan en opvragen

Met de functie [STO] (*opslaan*) worden getallen opgeslagen in variabelen met een letteraanduiding, en met de functie [RCL] (*opvragen*) worden getallen daaruit opgevraagd.

Een kopie van een getoond getal (X-register) in een variabele opslaan:

Druk op [STO] *lettertoets*.

Een kopie van een getal uit een variabele in de display opvragen:

Druk op [RCL] *lettertoets*.

Voorbeeld: getallen opslaan.

Sla het getal van Avogadro (circa 6,0225 x 10^{23}) op in *A*.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
6.0225 [E] 23	6,0225E23_	Getal van Avogadro.
[STO]	STO _	Vraagt om een variabele.
A ([√x] toets ingedrukt houden)	STO A	Toont de functie zolang de toets ingedrukt blijft.
(toets loslaten)	6,0225E23	Slaat een kopie van het getal van Avogadro op in *A*. Hierdoor wordt ook het invoeren van getallen beëindigd (geen cursor).
[C]	0,0000	Wist het getal uit de display.
[RCL]	RCL _	Vraagt om een variabele.
A	6,0225E23	Kopieert het getal van Avogadro van *A* naar de display.

Een variabele bekijken zonder deze op te roepen

De [→] [VIEW] functie toont de inhoud van een variabele zonder het getal in het X-register te plaatsen. In de display staat de label van de variabele, bijvoorbeeld:

```
A=1234,5678
```

Als het getal te groot is om samen met de label in de display getoond te worden, wordt het afgerond en vallen de meest rechtse cijfers weg. (Een exponent wordt volledig getoond.) Als u de volledige mantisse wilt zien, drukt u op [→] [SHOW].

In de display modus voor breuken ([←] [FDISP]) kan een gedeelte van het gehele getal verwijderd worden. Dit wordt aangegeven door "..."

aan de linkerzijde van het gehele getal. Als u de volledige mantisse wilt zien, drukt u op [→] [SHOW]. Het gehele getal is het gedeelte links van het decimaalteken (. of ,).

[→] [VIEW] wordt het meest gebruikt bij het programmeren, maar de functie is ook altijd handig als u de waarde van een variabele wilt bekijken zonder de inhoud van het stapelgeheugen te beïnvloeden.

Om de VIEW display te annuleren, drukt u éénmaal op [←] of [C].

Variabelen in de VAR Catalogus bekijken

De [←] [MEM] (*geheugen*) functie geeft informatie over het geheugen:

nnn,n VAR PGM

waarbij *nnn,n* het aantal beschikbare geheugenbytes aangeeft.

Als u op de {VAR} menutoets drukt, wordt de variabelencatalogus getoond.

Als u op de {PGM} menutoets drukt, wordt de programmacatalogus getoond.

Als u de waarden wilt zien van één of van alle variabelen die niet gelijk zijn aan nul, gaat u als volgt te werk:

1. Druk op [←] [MEM] {VAR}.
2. Druk op [←] [▼] of [←] [▲] om de lijst door te schuiven tot de gewenste variabele wordt getoond. (U ziet nu de ▼▲ indicator, die aangeeft dat de linker shift-functies van de [▼] en [▲] toetsen actief zijn. Als de display modus voor breuken actief is, geeft ▼▲ *geen* onnauwkeurigheid aan.)

   Als u alle significante cijfers van een in de {VAR} catalogus getoond getal wilt zien, drukt u op [→] [SHOW]. (Gebruik bij een binair getal met meer dan 12 cijfers de [√x] en [Σ+] toetsen om de rest van het getal te zien.)
3. Als u een getoonde variabele uit de catalogus wilt kopiëren naar het X-register, drukt u op [ENTER].

4. Als u een variabele wilt wissen, zodat er nul in staat, drukt u op ↩ CLEAR als de variabele in de catalogus getoond wordt.
5. Druk op C om de catalogus te annuleren.

Variabelen wissen

De waarden van de variabelen worden bewaard in het Permanent Geheugen tot u ze vervangt of wist. Als u een variabele *wist*, wordt er een nul in opgeslagen; een waarde van nul neemt geen geheugenruimte in beslag.

Eén variabele wissen:

Sla nul op in de variabele: Druk op 0 STO *variabele*.

Bepaalde variabelen wissen:

1. Druk op ↩ MEM {VAR} en gebruik ↩ ▼ of ↩ ▲ om de variabele te tonen.
2. Druk op ↩ CLEAR.
3. Druk op C om de catalogus te annuleren.

Alle variabelen tegelijkertijd wissen:

Druk op ↩ CLEAR {VARS}.

Berekeningen met opgeslagen variabelen

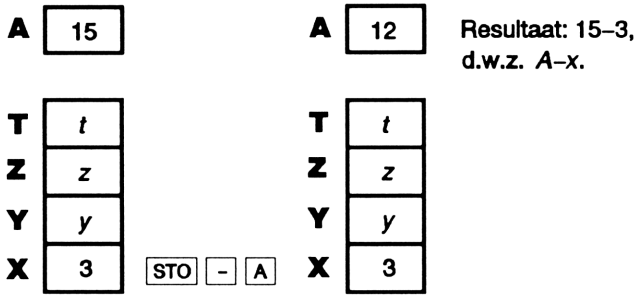
Functies met *opgeslagen* en *opgevraagde* gegevens maken het mogelijk berekeningen uit te voeren met een in een variabele opgeslagen getal *zonder de variabele op te vragen in het stapelgeheugen*. Bij een berekening wordt één getal uit het X-register en één getal uit de aangegeven variabele gebruikt.

Berekeningen met opgeslagen gegevens

Bij *berekeningen met opgeslagen gegevens* worden STO +, STO −, STO × of STO ÷ gebruikt om berekeningen in de variabele zelf uit te voeren en de oplossing daarin op te slaan. Hierbij wordt de waarde in het X-register gebruikt en het stapelgeheugen niet beïnvloed.

Nieuwe waarde van variabele = vorige waarde van variabele $\{+, -, \times, \div\}$ x.

Bijvoorbeeld: stel dat u de waarde in A (15) wilt verminderen met het getal in het X-register (3, in display). Druk op STO − A. Nu geldt: $A = 12$, terwijl in de display 3 staat.

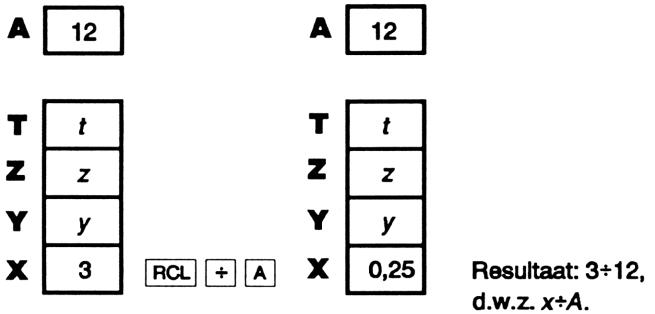


Berekeningen met opgevraagde gegevens

Bij *berekeningen met opgevraagde gegevens* worden RCL +, RCL −, RCL × of RCL ÷ gebruikt voor berekeningen in het X-register met een opgevraagd getal, waarbij de oplossing in de display komt. Alleen het X-register wordt beïnvloed.

Nieuwe x = vorige x $\{+, -, \times, \div\}$ variabele

Bijvoorbeeld: stel dat u het getal in het X-register (3, in display) wilt delen door de waarde in A (12). Druk op RCL ÷ A. Nu is $x = 0{,}25$, waarbij in A nog steeds 12 staat. Bewerkingen met opgevraagde gegevens kosten minder geheugenruimte in programma's: RCL + A (één instructie) gebruikt de helft van de geheugenruimte van RCL A, + (twee instructies).



Resultaat: 3÷12, d.w.z. *x*÷*A*.

Voorbeeld:

Stel dat in de variabelen *D*, *E*, en *F* de waarden 1, 2, en 3 staan. Gebruik nu opgeslagen gegevens om bij elke variabele 1 op te tellen.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
1 STO D	1,0000	Slaat de genoemde
2 STO E	2,0000	waarden op in de
3 STO F	3,0000	variabelen.
1 STO + D		Telt 1 op bij *D*, *E* en *F*.
STO + E		
STO + F	1,0000	
↱ VIEW D	D=2,0000	Toont de huidige waarde van *D*.
↱ VIEW E	E=3,0000	
↱ VIEW F	F=4,0000	
←	1,0000	Wist de VIEW display; toont opnieuw het X-register.

Stel dat in de variabelen *D*, *E*, en *F* de waarden 2, 3 en 4 van het vorige voorbeeld staan. Deel 3 door *D*, vermenigvuldig dit met *E* en tel er *F* bij op.

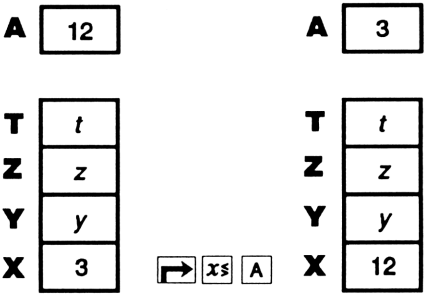
Toetsen:	Display:	Beschrijving:
3 RCL ÷ D	1,5000	Berekent $3 \div D$.
RCL × E	4,5000	$3 \div D \times E$.
RCL + F	8,5000	$3 \div D \times E + F$.

X verwisselen met een willekeurige variabele

Met de ↱ $x\rightleftarrows$ toets kunt u de inhoud van x (het getoonde X-register) verwisselen met de inhoud van een willekeurige variabele. Deze functie heeft geen invloed op het Y-, Z- of T-register.

Voorbeeld:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
12 STO A	12,0000	Slaat 12 op in de variabele A.
3	3_	Toont x.
↱ $x\rightleftarrows$ A	12,0000	Verwisselt de inhoud van het X-register en de variabele A.
↱ $x\rightleftarrows$ A	3,0000	Verwisselt de inhoud van het X-register en de variabele A.



De variabele "i"

Er is nog een 27ste variabele die u direct kunt benaderen—de variabele *i*. Naast de [.] toets staat "i"; wanneer de **A..Z** indicator in de display staat, heeft deze toets de functie *i*. Ofschoon u er net als bij andere variabelen getallen in kunt opslaan, is het bijzondere van *i* dat deze variabele met de **(i)** functie gebruikt kan worden om naar *andere* variabelen te verwijzen, inclusief de statistiekregisters. Deze programmeermethode wordt *indirecte adresseren* genoemd en wordt behandeld in "Variabelen en labels indirect adresseren" in hoofdstuk 13.

4

Functies met reële getallen

In dit hoofdstuk worden de meeste calculatorfuncties voor het uitvoeren van berekeningen met reële getallen behandeld, waaronder enkele numerieke functies die in programma's worden gebruikt (zoals ABS, de functie voor de absolute waarde):

- Exponentiële en logaritmische functies.
- Machtsverheffen (y^x en $\sqrt[x]{y}$).
- Trigonometrische functies.
- Hyperbolische functies.
- Procentfuncties.
- Conversiefuncties voor coördinaten, hoeken en eenheden.
- Waarschijnlijkheidsfuncties:
- Gedeelten van getallen (functies die getallen veranderen).

De rekenkundige functies en bewerkingen zijn behandeld in hoofdstuk 1 en 2. De geavanceerde numerieke bewerkingen (wortels, integreren, complexe getallen, grondtalconversie en statistiek) worden in latere hoofdstukken beschreven.

Alle numerieke functies staan op een toets, behalve de functies voor waarschijnlijkheidsrekening en gedeelten van getallen.

De waarschijnlijkheidsfuncties (Cn,r, Pn,r, SD en R) staan in het PROB menu (druk op → PROB).

De functies voor gedeelten van getallen (IP, FP en ABS) staan in het PARTS menu (druk op → PARTS).

Exponentiële en logaritmische functies

Plaats het getal in de display en voer daarna de functie uit — u hoeft niet op [ENTER] te drukken.

Voor berekening van:	Drukt u op:
Natuurlijke logaritme (grondtal e)	[LN]
Tien-logaritme (grondtal 10)	[↰] [LOG]
Natuurlijke exponentieel	[e^x]
Standaard tienmacht (antilogaritme)	[↰] [10^x]

Machtsverheffen

Om het kwadraat te berekenen van een getal x toetst u x in en drukt u op [↰] [x^2].

Om een macht x van 10 te berekenen, toetst u x in en drukt u op [↰] [10^x].

Om een getal y tot de macht x te verheffen, toetst u eerst y [ENTER] x in en drukt u vervolgens op [y^x]. (Als $y > 0$ kan x een willekeurig rationaal getal zijn; als $y < 0$ moet x een geheel getal zijn; als $y = 0$ moet x een positief getal zijn.)

Voor berekening van:	Drukt u op:	Resultaat:
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

Om de x^{de} wortel van een getal y te berekenen, toetst u y [ENTER] x in en drukt u vervolgens op [↰] [$\sqrt[x]{y}$]. Als $y < 0$ moet x een geheel getal zijn.

Voor berekening van:	Drukt u op:	Oplossing:
$\sqrt[3]{-125}$	125 [+/-] [ENTER] 3 [↰] [$\sqrt[x]{y}$]	−5,0000
$\sqrt[3]{125}$	125 [ENTER] 3 [↰] [$\sqrt[x]{y}$]	5,0000
$^{-1}\sqrt[1,4]{0,37893}$	.37893 [ENTER] 1.4 [+/-] [↰] [$\sqrt[x]{y}$]	2,0000

Trigonometrie

π invoeren

Druk op [↱] [π] om de eerste 12 cijfers van π in het X-register te plaatsen.
(Hoe het getal wordt getoond, is afhankelijk van de display instelling). Omdat π een *functie* is, hoeft het getal niet door [ENTER] van een ander getal gescheiden te worden.

Denk eraan dat een calculator π niet *exact* kan weergeven, omdat het een irrationaal getal is.

De hoekmodus instellen

De hoekmodus bepaalt welke eenheid wordt gebruikt voor hoeken in trigonometrische functies. Deze modus converteert reeds aanwezige getallen *niet* (zie "Conversiefuncties" later in dit hoofdstuk).

360 graden = 2π radialen = 400 Grads

Om een hoekmodus in te stellen, drukt u op ↰ MODES. U ziet dan een menu waaruit u een optie kunt kiezen.

Optie	Beschrijving	Indicator
{DG}	Stelt Gradenmodus (DEG) in. Gebruikt decimale graden, geen graden, minuten en seconden.	geen
{RD}	Stelt Radiaalmodus (RAD) in.	**RAD**
{GR}	Stelt Grads modus (GRAD) in.	**GRAD**

Trigonometrische functies

Als x in de display staat:

Voor berekening van:	Drukt u op:
Sinus x.	SIN
Cosinus x.	COS
Tangens x.	TAN
Arcsinus x.	↰ ASIN
Arccosinus x.	↰ ACOS
Arctangens x.	↰ ATAN

Opmerking

Bewerkingen met het irrationale getal π kunnen niet *exact* worden weergegeven met de interne machinenauwkeurigheid van 12 cijfers. Dit merkt u vooral bij trigonometrische bewerkingen. Bijvoorbeeld: de oplossing van sin π (radialen) is niet gelijk aan nul, maar $-2{,}0676 \times 10^{-13}$, een heel klein getal dicht bij nul.

Voorbeeld:

Toon aan dat cosinus $(5/7)\pi$ radialen gelijk is aan cosinus 128,57° (tot in vier significante cijfers).

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↩ MODES {RD}		Stelt Radiaalmodus in; **RAD** indicator in display.
⊡ 5 ⊡ 7 ENTER	0,7143	5/7 in decimale vorm.
↪ π ⊠ COS	-0,6235	Cos $(5/7)\pi$.
↩ MODES {DG}	-0,6235	Wisselt naar Gradenmodus (geen indicator).
128.57 COS	-0,6235	Berekent cos 128,57°; dit is gelijk aan $(5/7)\pi$.

Opmerking bij het programmeren:

Vergelijkingen waarbij inverse trigonometrische functies gebruikt worden om een hoek te berekenen, zien er vaak als volgt uit:

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

Als $x = 0$, dan is y/x niet gedefinieerd, zodat de foutmelding DIVIDE BY 0 (Deling door 0) verschijnt. Het is bij een programma dus veiliger om θ vast te stellen met behulp van *conversie van rechthoekige naar polaire coördinaten*, waarbij (x, y) geconverteerd wordt naar (r, θ). Zie "Conversie van coördinaten" later in dit hoofdstuk.

Hyperbolische functies

Als x in de display staat:

Voor berekening van:	Drukt u op:
Sinus hyperbolicus x (SINH).	↰ HYP SIN
Cosinus hyperbolicus x (COSH).	↰ HYP COS
Tangens hyperbolicus x (TANH).	↰ HYP TAN
Arcsinus hyperbolicus x (ASINH).	↰ HYP ↰ ASIN
Arccosinus hyperbolicus x (ACOSH).	↰ HYP ↰ ACOS
Arctangens hyperbolicus x (ATANH).	↰ HYP ↰ ATAN

Procentfuncties

De procentfuncties zijn bijzondere functies (in vergelijking tot [×] en [÷]), omdat ze de waarde van het basisgetal (in het Y-register) bewaren als ze de oplossing van de percentageberekening geven (in het X-register). U kunt daarna bewerkingen uitvoeren met zowel het grondtal als de oplossing, zonder het basisgetal opnieuw in te voeren.

Voor berekening van:	Drukt u op:
x% van y	y ENTER x ↱ %
De procentuele verandering tussen y en x. ($y \neq 0$)	y ENTER x ↱ %CHG

Voorbeeld:

Bereken de B.T.W. van 6% en de totale prijs van een artikel dat exclusief B.T.W. *f*15,76 kost.
Gebruik de display instelling FIX 2, zodat het bedrag juist afgerond wordt.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
◀ DISP {FIX} 2		Rondt display af op twee decimalen.
15.76 ENTER	15,76	
6 ▶ %	0,95	Berekent B.T.W. van 6%.
+	16,71	Totale prijs (basisprijs + 6% B.T.W.).

Stel dat het artikel van *f*15,76 vorig jaar *f*16,12 kostte. Wat is dan de procentuele verandering tussen de prijs van vorig jaar en dit jaar?

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
16.12 ENTER	16,12	
15.76 ▶ %CHG	-2,23	De prijs is dit jaar circa 2,2% lager dan de prijs van vorig jaar.
◀ DISP {FIX} 4	-2,2333	Herstelt FIX 4 instelling.

Opmerking

De volgorde van de twee getallen is belangrijk voor de %CHG functie. De volgorde bepaalt of de procentuele verandering als positieve of negatieve waarde geïnterpreteerd wordt.

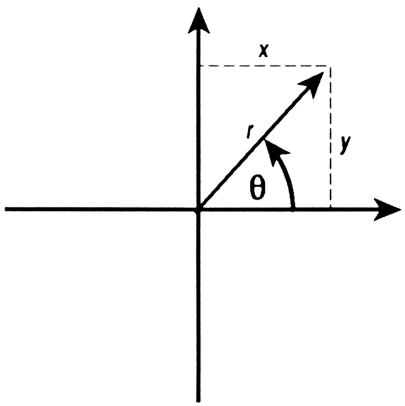
Conversiefuncties

Er zijn vier soorten conversies: coördinaatconversie (polair/rechthoekig), hoekconversie (graden/radialen), tijdconversie (decimaal/minuten-seconden) en conversie van eenheden (cm/in, °C/°F, l/gal, Kg/lb).

Conversie van coördinaten

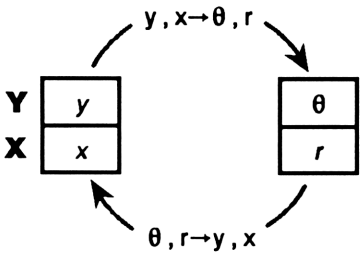
De functienamen voor deze conversies zijn: $y,x \rightarrow \theta,r$ en $\theta,r \rightarrow y,x$.

Polaire coördinaten (r,θ) en rechthoekige coördinaten (x,y) worden gemeten zoals in onderstaande afbeelding is aangegeven. De hoek θ wordt berekend in de eenheid die ingesteld is door de huidige hoekmodus. Een berekende oplossing van θ ligt tussen $-180°$ en $180°$, tussen $-\pi$ en π radialen of tussen -200 en 200 Grads.



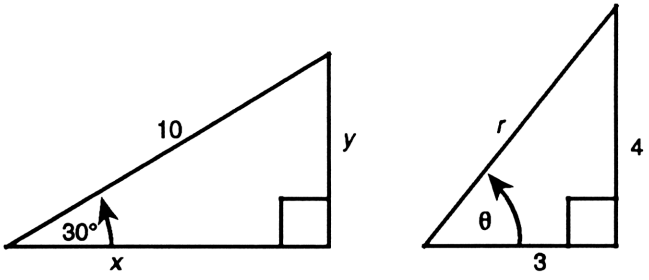
Voor conversie tussen rechthoekige en polaire coördinaten gaat u als volgt te werk:

1. Voer de coördinaten in die u wilt converteren (in rechthoekige of polaire vorm). De volgorde is y [ENTER] x of θ [ENTER] r.
2. Voer de gewenste conversie uit: druk op [↰] [→θ,r] (rechthoekig naar polair) of [↱] [→y,x] (polair naar rechthoekig). De geconverteerde coördinaten staan in de X- en Y-registers.
3. Als oplossing ziet u in de display (het X-register) r (polair) of x (rechthoekig). Druk op [x≷y] om θ of y te zien.



Voorbeeld: conversie van polair naar rechthoekig

Bereken voor de volgende rechthoekige driehoeken de zijden x en y in de linker driehoek, en de hypotenusa r en de hoek θ in de rechter driehoek.

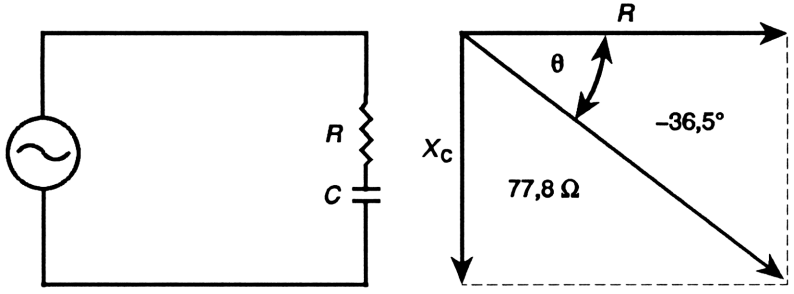


Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ MODES {DG}		Stelt de Gradenmodus in.
30 ENTER 10 ↱ →y,x	8,6603	Berekent x.
x⇄y	5,0000	Toont y.
4 ENTER 3 ↰ →θ,r	5,0000	Berekent de hypotenusa (r).
x⇄y	53,1301	Toont θ.

Voorbeeld: conversie met vectoren.

Technicus P.C. Bord heeft vastgesteld dat in het getoonde RC circuit de totale impedantie 77,8 Ohm is en de spanning 36,5° verschoven is ten opzichte van de stroom. Wat zijn de waarden van de weerstand R en de capacitieve reactantie X_c in het circuit?

Gebruik een vectordiagram zoals in de afbeelding, waarbij de impedantie gelijk is aan de polaire grootheid r en de stroomverschuiving gelijk is aan de hoek θ in graden. Als de waarden geconverteerd worden naar rechthoekige coördinaten bedraagt de x-waarde R Ohm; de y-waarde bedraagt X_c Ohm.



Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[↰] [MODES] {DG}		Stelt de Gradenmodus in.
36.5 [+/-] [ENTER]	-36,5000	Geeft θ, de stroomverschuiving aan.
77.8	77,8_	Voert r in, de totale impedantie in Ohm.
[↱] [y,x]	62,5401	Berekent x, weerstand in Ohm, R.
[x≷y]	-46,2772	Toont y, reactantie in Ohm, X_c.

Zie voor meer geavanceerde bewerkingen met vectoren (optellen, aftrekken, uitwendig en inwendig produkt) het programma "Vectorbewerkingen" in hoofdstuk 15, "Wiskundige programma's".

Tijdconversie

Waarden voor de tijd (in uren, *H*) of voor hoeken (in graden, *D*) kunnen geconverteerd worden tussen decimaal formaat (*H.h* of *D.d*) en minuten-seconden-formaat (*H.MMSSss* of *D.MMSSss*) met de toetsen [←] [→HR] of [→] [→HMS].

Converteren tussen tiendelige breuken en minuten-seconden:

1. Toets de tijd of de hoek in (in decimaal formaat of minuten-seconden-formaat) die u wilt converteren.
2. Druk op [→] [→HMS] of [←] [→HR]. Het resultaat wordt getoond.

Voorbeeld: tijdsaanduiding converteren.

Hoeveel minuten en seconden zitten er in 1/7 uur?
Gebruik de display instelling FIX 6.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[←] [DISP] {FX} 6		Stelt de display in op FIX 6.
[.] 1 [.] 7	0 1/7_	Voert 1/7 in als tiendelige breuk.
[→] [→HMS]	0,083429	Is gelijk aan 8 minuten en 34,29 seconden.
[←] [DISP] {FX} 4	0,0834	Herstelt de display instelling FIX 4.

Hoekconversie

Bij conversie naar radialen wordt ervan uitgegaan dat het getal in het X-register graden aangeeft; bij conversie naar graden wordt ervan uitgegaan dat het getal in het X-register radialen aangeeft.

Hoekconversie tussen graden en radialen:

1. Toets de hoek in (in *decimale* graden of radialen) die u wilt converteren.
2. Druk op [→] [→RAD] of [←] [→DEG]. Het resultaat wordt getoond.

Conversie van eenheden

Op het toetsenbord van de HP 32SII staan acht functies voor het converteren van eenheden: →kg, →lb, →°C, →°F, →cm, →in, →l en →gal.

Voor conversie van:	Naar:	Drukt u op:	Getoond resultaat:
1 lb	kg	1 ↰ [→kg]	0,4536 (kilogram)
1 kg	lb	1 ↱ [→lb]	2,2046 (pounds)
32 °F	°C	32 ↰ [→°C]	0,0000 (°C)
100 °C	°F	100 ↱ [→°F]	212,0000 (°F)
1 in	cm	1 ↰ [→cm]	2,5400 (centimeter)
100 cm	in	100 ↱ [→in]	39,3701 (inch)
1 gal	l	1 ↰ [→l]	3,7854 (liter)
1 l	gal	1 ↱ [→gal]	0,2642 (gallon)

Waarschijnlijkheidsfuncties

Faculteit

Om de *faculteit* van een getoond positief geheel getal x ($0 \leq x \leq 253$) te berekenen, drukt u op ↰ [x!] (de linker shift-functie van de [1/x] toets).

Gamma

Om de *gamma-functie* van een niet geheel getal x, $\Gamma(x)$ te berekenen, toetst u $(x - 1)$ in en drukt u op ↰ [x!]. De $x!$ functie berekent $\Gamma(x + 1)$. De waarde voor x kan niet negatief zijn.

Waarschijnlijkheidsmenu

Druk op ▶ PROB om het PROB menu (*waarschijnlijkheidsmenu*) op te roepen. Dit menu staat in de volgende tabel. In het menu staan functies voor het berekenen van combinaties en permutaties, het genereren van kiemen voor willekeurige getallen en het genereren van willekeurige getallen uit deze kiemen.

PROB menu

Menulabel	Beschrijving
{Cn,r}	*Combinaties.* Voer eerst n in en daarna r (alleen niet negatieve gehele getallen). Berekent het aantal mogelijke *verzamelingen* van r uit n objecten. Elk object komt slechts één keer voor in een verzameling, en verschillende volgorden van dezelfde r objecten worden *niet* afzonderlijk geteld.
{Pn,r}	*Permutaties.* Voer eerst n in en daarna r (alleen niet negatieve gehele getallen). Berekent het aantal mogelijke *rangschikkingen* van r objecten uit n objecten. Elk object komt slechts één keer voor in een rangschikking, en verschillende volgordes van dezelfde r objecten worden *wel* afzonderlijk geteld.
{SD}	*Kiem.* Slaat het getal in x op als een nieuwe kiem voor de generator van willekeurige getallen.
{R}	*Generator van willekeurige getallen* Genereert een willekeurig getal in het gebied $0 \leq x < 1$. (Het getal is een onderdeel van een uniform verdeelde pseudo-willekeurige getallenreeks. Het voldoet aan de spectrale test van D. Knuth, *Seminumerical Algorithms*, vol. 2, Londen: Addison Wesley, 1981.)

De RANDOM functie (uitgevoerd door op {R} te drukken) genereert een willekeurig getal met behulp van een kiem. Elk willekeurig gegenereerd getal wordt de kiem voor het volgende willekeurige getal. Hierdoor kan een reeks willekeurige getallen herhaald worden door met dezelfde kiem te beginnen. U kunt een nieuwe kiem opslaan met de

SEED functie (wordt uitgevoerd door op {SD} te drukken). Na het wissen van het geheugen, wordt de kiem weer gelijk gesteld aan nul.

Voorbeeld: combinaties van mensen.

In een bedrijf met 14 vrouwelijke en 10 mannelijke werknemers wordt een veiligheidscommissie van zes personen gevormd. Hoeveel verschillende combinaties van mensen zijn er mogelijk?

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
24 [ENTER] 6	6_	Vierentwintig mensen in groepen van 6.
[→] [PROB]	Cn,r Pn,r SD R	Waarschijnlijkheidsmenu.
{Cn,r}	134.596,0000	Totaal aantal mogelijke combinaties.

Hoe groot is de waarschijnlijkheid dat er zes vrouwen in de commissie zitten als er willekeurige werknemers gekozen worden? Om de *waarschijnlijkheid* van een gebeurtenis te berekenen, deelt u het aantal combinaties *voor deze gebeurtenis* door het *totale* aantal combinaties.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
14 [ENTER] 6	6_	Veertien vrouwen in groepen van zes.
[→] [PROB] {Cn,r}	3.003,0000	Aantal combinaties van zes vrouwen in de commissie.
[x≷y]	134.596,0000	Plaatst het totaal aantal combinaties weer in het X-register.
[÷]	0,0223	Deelt het aantal combinaties van vrouwen door het totale aantal combinaties om de waarschijnlijkheid te berekenen dat in één combinatie alleen vrouwen zitten.

Gedeelten van getallen

De functies in het PARTS menu ([→] [PARTS]), die in de volgende tabel staan, en de [←] [RND] functie kunnen het getal in het X-register op eenvoudige wijze veranderen. Deze functies worden voornamelijk gebruikt bij het programmeren.

PARTS Menu

Menulabel	Beschrijving
{IP}	*Geheel gedeelte van een getal.* Verwijdert het decimale deel van x en vervangt het door nullen. (Zo is bijvoorbeeld 14,0000 het gehele gedeelte van 14,2300)
{FP}	*Decimale deel* . Verwijdert het gehele gedeelte van x en vervangt het door nullen. (Zo is bijvoorbeeld 0,2300 het decimale deel van 14,2300.)
{ABS}	*Absolute waarde.* Vervangt x door de absolute waarde van x.

De RND functie ([←] [RND]) rondt x intern af op het aantal cijfers dat de display instelling aangeeft. (Het getal wordt intern in 12 cijfers weergegeven). In hoofdstuk 5 vindt u hoe RND werkt bij de display modus voor breuken.

Namen van functies

U hebt misschien gezien dat de naam van een functie in de display verschijnt wanneer u de toets voor het uitvoeren van de functie indrukt en vasthoudt. (De naam blijft in de display staan zolang u de toets ingedrukt houdt). Als u bijvoorbeeld [√x] ingedrukt houdt, staat in de display SQRT. "SQRT" is de naam van de functie zoals die in programmaregels voorkomt (en meestal ook in vergelijkingen).

5

Breuken

In "Breuken" in hoofdstuk 1 worden de basisprincipes uitgelegd voor het invoeren en de weergave van breuken en berekeningen met breuken:

- Om een breuk in te voeren, drukt u *twee keer* op [.]—na het gehele gedeelte van het getal, en tussen de teller en de noemer. Om $2\ ^3/_8$ in te voeren, drukt u op 2 [.] 3 [.] 8. Om $^5/_8$ in te voeren, drukt u op [.] 5 [.] 8 of op 5 [.] [.] 8.
- Om de display modus voor breuken in en uit te schakelen, drukt u op [↵] [FDISP]. Als u de display modus voor breuken uitschakelt, gebruikt de display weer de vorige display instelling. (Met FIX, SCI, ENG en ALL wordt de display modus voor breuken ook uitgeschakeld.)
- In functies worden breuken op dezelfde manier verwerkt als decimale getallen—behalve bij de RND functie, die later in dit hoofdstuk besproken wordt.

In dit hoofdstuk vindt u nadere informatie over het gebruik en de weergave van breuken.

Breuken invoeren

U kunt bijna alle getallen als een breuk invoeren op het toetsenbord; zelfs onechte breuken (waarbij de teller groter is dan de noemer). U ziet echter ⚠ in de display van de calculator als u de volgende twee beperkingen niet in acht neemt:

- In het gehele getal en de teller mogen in totaal niet meer dan 12 cijfers staan.
- In de noemer mogen niet meer dan 4 cijfers staan.

Voorbeeld:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↩ FDISP		Schakelt de display modus voor breuken in.
1.5 ENTER	1 1/2	Voert 1,5 in; weergegeven als breuk.
1 ⊡ 3 ⊡ 4 ENTER	1 3/4	Voert $1\ ^3/_4$ in.
↩ FDISP	1,7500	Toont x als een decimaal getal.
↩ FDISP	1 3/4	Toont x als een breuk.

Als u niet dezelfde resultaten als in het voorbeeld krijgt, hebt u misschien per vergissing de weergave van breuken veranderd. (Zie "De weergave van breuken veranderen" later in dit hoofdstuk.)

In de volgende paragraaf worden nog meer voorbeelden gegeven van geldige en ongeldige invoer van breuken.

U kunt breuken alleen invoeren als het grondtal 10 is ingesteld—het normale grondtal. Zie hoofdstuk 10 voor informatie over het veranderen van het grondtal.

Breuken in de display

In de display modus voor breuken worden getallen intern berekend als decimale getallen, en vervolgens met de maximale nauwkeurigheid van de huidige instelling als breuken weergegeven. Daarnaast geven nauwkeurigheidsindicators de richting aan van een eventuele onnauwkeurigheid van de breuk in vergelijking tot de decimale waarde in 12 cijfers. (De meeste statistiekregisters vormen hierop een uitzondering—deze registers worden altijd als een decimaal getal weergegeven.)

Display regels

De breuk die u ziet, kan verschillen van de breuk die u invoert. In de standaardinstelling gebruikt de calculator de volgende regels bij de weergave van breuken. (Zie voor het veranderen van deze regels "De weergave van breuken veranderen" later in dit hoofdstuk.)

- Het getal bestaat uit een geheel gedeelte en, indien nodig, een echte breuk (de teller is kleiner dan de noemer).
- De noemer is niet groter dan 4095.
- De breuk wordt zo ver mogelijk vereenvoudigd.

Voorbeelden:

Hieronder staan voorbeelden van ingevoerde waarden en de getoonde waarden in de display. Ter vergelijking worden ook de twaalfcijferige interne waarden aangegeven. De ▲ en ▼ indicators in de laatste kolom worden na de voorbeelden uitgelegd.

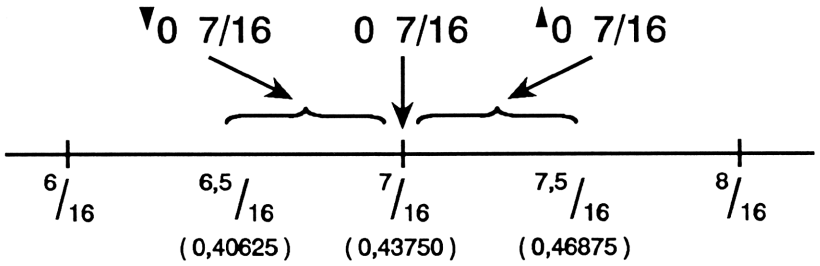
Ingevoerde waarde	Interne waarde	Getoonde breuk
$2\ ^{3}/_{8}$	2,37500000000	2 3/8
$14\ ^{15}/_{32}$	14,4687500000	14 15/32
$^{54}/_{12}$	4,50000000000	4 1/2
$6\ ^{18}/_{5}$	9,60000000000	9 3/5
$^{34}/_{12}$	2,83333333333	▼2 5/6
$^{15}/_{8192}$	0,183105468750	▲0 7/3823
$12345678\ ^{12345}/_{3}$	(Ongeldige invoer)	⚠
$16\ ^{3}/_{16384}$	(Ongeldige invoer)	⚠

Nauwkeurigheidsindicators

De nauwkeurigheid van een getoonde breuk wordt aangegeven door de ▲ en ▼ indicators bovenaan de display. De calculator vergelijkt de waarde van het decimale deel van het twaalfcijferige interne getal met de waarde van de getoonde breuk.

- Als er geen indicator wordt getoond, is het decimale deel van de interne waarde van 12 cijfers exact gelijk aan de waarde van de getoonde breuk.
- Als ▲ wordt getoond, is het decimale deel van de twaalfcijferige interne waarde iets groter dan de getoonde breuk—de *exacte* waarde van de teller is maximaal 0,5 *groter* dan de getoonde teller.
- Als ▼ wordt getoond, is het decimale deel van de interne waarde van 12 cijfers iets kleiner dan de getoonde breuk—de *exacte* waarde van de teller is maximaal 0,5 *kleiner* dan de getoonde teller.

In de afbeelding ziet u de verhouding van de getoonde breuk tot dichtbijliggende waarden—▲ betekent dat de exacte teller "iets groter" is dan de getoonde teller; ▼ betekent dat de exacte teller "iets kleiner" is.



Dit is vooral van belang als u de regels voor de weergave van breuken wilt veranderen. (Zie "De weergave van breuken veranderen" later in dit hoofdstuk.) Als u bijvoorbeeld voor alle breuken de noemer 5 instelt, wordt $^{2}/_{3}$ getoond als ▲ 0 3/5 omdat de exacte breuk circa $^{3,3333}/_{5}$, "iets groter dan" $^{3}/_{5}$ is. Zo wordt ook $-^{2}/_{3}$ getoond als ▲ -0 3/5 omdat de exacte teller "iets groter dan" 3 is.

Als u op ↩ MEM {VAR} drukt om de VAR catalogus te bekijken, geeft de ▼▲ indicator *niet* de nauwkeurigheid aan—in dit geval geeft de indicator aan dat u ▲ en ▼ kunt gebruiken om door de lijst te bladeren. De nauwkeurigheid wordt niet getoond.

Soms ziet u een indicator op een onverwacht moment. Als u bijvoorbeeld 2 $^{2}/_{3}$ invoert, ziet u ▲ 2 2/3, ook als dit het exacte getal is dat u ingevoerd hebt. De calculator vergelijkt het decimale deel van de interne waarde altijd met de waarde van 12 cijfers van de breuk

zelf. Als de interne waarde een geheel gedeelte heeft, staan in het decimale deel minder dan 12 cijfers—de interne waarde kan dus nooit exact gelijk zijn aan een breuk waarbij alle 12 cijfers gebruikt worden.

Lange breuken

Als de getoonde breuk te lang is voor de display, ziet u aan het begin ... staan. Het breukgedeelte past altijd in de display—... geeft aan dat het gehele gedeelte niet volledig getoond wordt. Als u het gehele gedeelte (en de tiendelige breuk) wilt zien, drukt u op [→] [SHOW] en houdt u deze toetsen ingedrukt. (U kunt een breuk in de display niet verschuiven.)

Voorbeeld:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
14 [e^x]	...04 888/3125	Berekent e^{14}.
[→] [SHOW]	1202604,28416	Toont alle decimale cijfers.
[STO] A	...04 888/3125	Slaat waarde op in A
[→] [VIEW] A	A=... 888/3125	Laat A zien.
[C] [C]	0	Wist x.

De weergave van breuken veranderen

In de standaardinstelling gebruikt de calculator bepaalde regels bij de weergave van een breuk. (Zie "Display regels" eerder in dit hoofdstuk.) U kunt deze regels echter wijzigen en de breuken weergeven zoals u wilt.:

- U kunt de grootste noemer instellen.
- U kunt kiezen uit drie mogelijkheden voor de notatie van breuken.

In de volgende paragrafen wordt uitgelegd hoe u de weergave van breuken verandert.

De grootste noemer instellen

Bij alle breuken wordt de noemer gekozen op basis van een in de calculator opgeslagen waarde. Bij breuken in de vorm *a b/c* staat */c* voor de waarde die de noemer bepaalt.

De */c* waarde definieert alleen de *grootste* noemer die in de display modus voor breuken wordt gebruikt. De specifieke noemer die wordt gebruikt, is afhankelijk van de breuken-notatie (besproken in het volgende gedeelte).

- Om de */c* waarde in te stellen, drukt u op *n* [→] [/c], waarbij *n* de grootste gewenste noemer is. *n* mag niet groter zijn dan 4095. Met deze toetsen wordt ook de display modus voor breuken ingeschakeld.
- Om de */c* waarde op te vragen in het X-register drukt u op 1 [→] [/c].
- Om de standaardwaarde of 4095 te herstellen, drukt u op 0 [→] [/c]. (U herstelt deze waarde ook als u 4095 of een groter getal gebruikt). Met deze toetsen wordt ook de display modus voor breuken ingeschakeld.

De /c functie gebruikt de absolute waarde van het gehele gedeelte van het getal in het X-register. De waarde in het LAST X register wordt niet veranderd.

De notatie voor breuken kiezen

De calculator heeft drie mogelijkheden voor de notatie van breuken. Ongeacht de notatie is de getoonde breuk altijd de meest nauwkeurige breuk binnen de regels voor de gekozen notatie.

- **Meest nauwkeurige breuk.** Breuken hebben een willekeurige noemer met */c* als maximale waarde, en worden zo veel mogelijk vereenvoudigd. Als u bijvoorbeeld volgens wiskundige principes met breuken werkt, wilt u misschien *elke willekeurige noemer* gebruiken (de */c* waarde is 4095). Dit is de standaardinstelling voor de notatie van breuken.
- **Factoren van de noemer.** Breuken hebben alleen noemers die een factor zijn van de */c* waarde en worden zo veel mogelijk vereenvoudigd. Als u bijvoorbeeld de prijs van aandelen berekent, wilt u misschien 53 1/4 en 37 7/8 zien (*/c* waarde is 8). Als de */c* waarde 12 is, zijn de mogelijke noemers 2, 3, 4, 6 en 12.

- **Vaste noemer.** Breuken gebruiken altijd de */c* waarde als noemer en worden niet gereduceerd. Als u bijvoorbeeld met tijdmetingen werkt, wilt u misschien 1 25/60 zien (*/c* waarde is 60).

Als u een notatie voor breuken wilt kiezen, moet u de status van twee *vlaggen* veranderen. Elke vlag kan "actief" of "niet actief" gemaakt worden, en in één geval is de status van vlag 9 niet van belang.

Voor deze breuken-notatie:	Verandert u deze vlaggen:	
	8	9
Meest nauwkeurig	Niet actief	–
Factoren van de noemer	Actief	Niet actief
Vaste noemer	Actief	Actief

Met behulp van de onderstaande stappen verandert u de vlaggen 8 en 9 om de notatie voor breuken in te stellen. (Omdat vlaggen vooral worden gebruikt in programma's, vindt u gedetailleerde informatie in hoofdstuk 13.)

1. Druk op (→) (FLAGS) om het vlaggenmenu te krijgen.
2. Om een vlag actief te maken, drukt u op {SF} en typt u het vlagnummer, bijvoorbeeld 8.

   Om een vlag inactief te maken, drukt u op {CF} en typt u het vlagnummer.

   Om te kijken of een vlag actief is, drukt u op {FS?} en typt u het vlagnummer. Druk op (C) of (←) om het antwoord, YES of NO, te wissen.

Voorbeelden van de weergave van breuken

In de volgende tabel ziet u hoe het getal 2,77 in de drie notaties voor twee /c waarden getoond wordt.

Breuken-notatie	Weergave van 2,77	
	/c = 4095	/c = 16
Meest nauwkeurig	2 77/100 (2,7700)	▲ 2 10/13 (2,7692)
Factoren van de noemer	▲ 2 1051/1365 (2,7699)	▲ 2 3/4 (2,7500)
Vaste noemer	▲ 2 3153/4095 (2,7699)	▲ 2 12/16 (2,7500)

In de volgende tabel ziet u dat in de drie notaties verschillende getallen worden weergegeven wanneer /c de waarde 16 heeft.

Breuken-notatie*	Ingevoerd getal en getoonde breuk				
	2	2.5	$2\ ^{2}/_{3}$	2,9999	$2\ ^{16}/_{25}$
Meest nauwkeurig	2	2 1/2	▲ 2 2/3	▼ 3	▲ 2 7/11
Factoren van de noemer	2	2 1/2	▼ 2 11/16	▼ 3	▲ 2 5/8
Vaste noemer	2 0/16	2 8/16	▼ 2 11/16	▼ 2 16/16	▲ 2 10/16
* Als /c de waarde 16 heeft.					

Voorbeeld:

Stel dat de huidige waarde van een aandeel $48\ ^{1}/_{4}$ is. Als het aandeel met $2\ ^{5}/_{8}$ zakt, wat wordt dan de waarde? Hoeveel is dan 85 procent van deze waarde?

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[→] [FLAGS] {SF} 8 [→] [FLAGS] {CF} 9		Maakt vlag 8 actief en vlag 9 inactief om de notatie "factoren van de noemer" in te stellen.
8 [→] [/c]		Stelt de breuken-notatie in voor veelvouden van $^1/_8$.
48 [·] 1 [·] 4 [ENTER]	48 1/4	Voert de beginwaarde in.
2 [·] 5 [·] 8 [−]	45 5/8	Trekt de wijziging af.
85 [→] [%]	▲ 38 3/4	Berekent 85 procent van de uitkomst en rondt dit af naar het dichtstbijzijnde veelvoud van $^1/_8$.

Breuken afronden

Als de display modus voor breuken actief is, rondt de RND functie het getal in het X-register af tot de dichtstbijzijnde tiendelige breuk. Het afronden gebeurt op basis van de huidige */c* waarde en de status van de vlaggen 8 en 9. De nauwkeurigheidsindicator verdwijnt als de breuk exact gelijk is aan de decimale weergave. Als dit niet zo is, blijft de indicator in de display. (Zie "Nauwkeurigheidsindicators" eerder in dit hoofdstuk.)

In een vergelijking of een programma rondt de RND functie af als de display modus voor breuken actief is.

Voorbeeld:

Stel dat u een ruimte hebt van 56 $^3/_4$ cm die u wilt verdelen in zes gelijke gedeelten. Hoe breed is elk gedeelte, als we aannemen dat u voor het meten eenheden van $^1/_{16}$ cm gebruikt? Hoe groot is de cumulatieve onnauwkeurigheid bij het afronden?

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
16 → /c		Stelt de breuken-notatie in voor eenheden van $^{1}/_{16}$ cm. (De vlaggen 8 en 9 moeten dezelfde instelling hebben als in het vorige voorbeeld.)
56 . 3 . 4 STO A	56 3/4	Slaat de afstand op in *A*.
6 ÷	▲ 9 7/16	De afzonderlijke gedeelten zijn iets breder dan 9 $^{7}/_{16}$ cm.
← RND	9 7/16	Rondt de breedte af tot op deze waarde.
6 ×	56 5/8	Breedte van zes gedeelten.
RCL A −	-0 1/8	De cumulatieve onnauwkeurigheid bij het afronden.
→ FLAGS {CF} 8	-0 1/8	Maakt vlag 8 inactief.
← FDISP	-0.1250	Schakelt display modus voor breuken uit.

Breuken in vergelijkingen

Bij het typen van een vergelijking kunt u getallen niet als breuken invoeren. Bij het tonen van een vergelijking worden alle numerieke waarden als decimale waarden weergegeven—de display modus voor breuken wordt genegeerd.

Wanneer u een vergelijking evalueert en de calculator om waarden voor variabelen vraagt, kunt u wel breuken invoeren—de waarden worden in de huidige display instelling getoond.

Zie hoofdstuk 6 voor informatie over het werken met vergelijkingen.

Breuken in programma's

Wanneer u een programma typt, kunt u een getal wel als een breuk invoeren, maar het getal wordt geconverteerd naar de decimale waarde. Alle numerieke waarden in een programma worden getoond als decimale waarden—de display modus voor breuken wordt genegeerd.

Wanneer u een programma uitvoert, worden de waarden in de display getoond in de display modus voor breuken als deze actief is. Als de INPUT instructies u om invoer van waarden vraagt, kunt u ongeacht de display modus breuken invoeren.

Een programma kan de weergave van breuken regelen met behulp van de /c functie en door de vlaggen 7, 8 en 9 actief of inactief te maken. Als u vlag 7 activeert, schakelt u de display modus voor breuken in—◀ FDISP kan niet geprogrammeerd worden. Zie "Vlaggen" in hoofdstuk 13.

Zie voor informatie over het werken met programma's hoofdstuk 12 en 13.

6

Vergelijkingen invoeren en evalueren

Het gebruik van vergelijkingen

In de HP 32SII kunt u vergelijkingen voor verschillende doeleinden gebruiken:

- Om een vergelijking aan te geven die geëvalueerd moet worden (dit hoofdstuk).
- Om een vergelijking aan te geven waarvan onbekende waarden opgelost moet worden (hoofdstuk 7).
- Om een functie aan te geven die geïntegreerd moet worden (hoofdstuk 8).

Voorbeeld: berekeningen met een vergelijking.

Stel dat u vaak het volume van een rechte buis moet berekenen. De vergelijking is:

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

waarbij d de binnendiameter en l de lengte van de buis is.

U kunt de vergelijking steeds opnieuw intypen. Bijvoorbeeld: met .25 ENTER ↱ π × 2.5 ↰ x^2 × 16 × berekent u het volume van een pijp met een lengte van 16 cm en een diameter van $2\ ^1/_2$ cm (78,5398 kubieke cm). Als u de *vergelijking* echter opslaat, "onthoudt" de HP 32SII de verhouding tussen diameter, lengte en volume, zodat u de vergelijking vele malen kunt gebruiken.

Stel de Vergelijkingenmodus in en toets de vergelijking in met behulp van de volgende toetsaanslagen:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[→] [EQN]	EQN LIST TOP of de huidige vergelijking.	Kiest de Vergelijkingenmodus; dit wordt aangegeven door de **EQN** indicator.
[RCL]	▮	Begint een nieuwe vergelijking en plaatst de "▮" vergelijkingencursor in de display. Met [RCL] verschijnt de **A..Z** indicator, zodat u de naam van een variabele kunt invoeren.
V [→] [=]	V=▮	Als u op [RCL] V drukt, ziet u V en verplaatst u de cursor naar rechts.
.25	V= 0,25_	Bij het invoeren van getallen wordt de "_" getallencursor gebruikt.
[×] [→] [π] [×]	V=0,25×π×▮	[×] beëindigt het getal en herstelt de "▮" cursor.
[RCL] D [y^x] 2	=0,25×π×D^ 2_	[y^x] geeft ^.
[×] [RCL] L	0,25×π×D^2×L▮	V= verdwijnt aan de linkerkant van de display.
[ENTER]	V=0,25×π×D^2×	Beëindigt en toont de vergelijking. ⟶ geeft aan dat een gedeelte van de vergelijking niet in de display past, en het ▼ teken boven [Σ+] betekent dat u op [Σ+] moet drukken om tekens in die richting te zien.
[→] [SHOW]	CK=5836 026,0	Toont de checksum en de lengte van de vergelijking, zodat u de toetsaanslagen kunt controleren.

Door de checksum en de lengte van uw vergelijking te vergelijken met het voorbeeld kunt u controleren of u de vergelijking juist hebt ingevoerd. (Zie voor meer informatie "Vergelijkingen verifiëren" aan het eind van dit hoofdstuk).

Evalueer de vergelijking (om V te berekenen):

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
ENTER	D?*value*	Vraagt om invoer van variabelen aan de rechterzijde van de vergelijking. Vraagt eerst om D; *value* is de huidige waarde van D.
2 ⊡ 1 ⊡ 2	D? 2 1/2_	Voert $2\ ^1/_2$ cm in als een breuk.
R/S	L?*value*	Slaat D op, vraagt om L; *value* is de huidige waarde van L.
16 R/S	V=78,5398	Slaat L op; berekent V in kubieke cm en slaat het resultaat op in V.

Overzicht van bewerkingen in vergelijkingen

Alle vergelijkingen die u opstelt, worden opgeslagen in de *Vergelijkingenlijst*. Deze lijst wordt zichtbaar wanneer u de Vergelijkingenmodus activeert.

Om bewerkingen met vergelijkingen uit te voeren, gebruikt u een aantal specifieke toetsen. Deze toetsen worden later uitgebreid besproken.

Toets	Bewerking
→ EQN	Schakelt de Vergelijkingenmodus in en uit.
ENTER	Evalueert de getoonde vergelijking. Als de vergelijking een *toekenning* is, wordt de rechterzijde geëvalueerd en de oplossing opgeslagen in de variabele aan de linkerzijde. Als de vergelijking een *gelijkheid* aangeeft of een *uitdrukking* is, wordt de waarde berekend zoals bij XEQ. (Zie "Soorten vergelijkingen" later in dit hoofdstuk.)
XEQ	Evalueert de getoonde vergelijking. Berekent de waarde van de vergelijking; als in de vergelijking een "="-teken staat, wordt dit vervangen door −.
→ SOLVE	Lost de getoonde vergelijking op voor de door u aangegeven onbekende. (Zie hoofdstuk 7).
→ ∫	Integreert de getoonde vergelijking naar de door u aangegeven variabele. (Zie hoofdstuk 8.)
←	Start het wijzigen van de getoonde vergelijking; als u opnieuw op deze toets drukt, wordt de meest rechtse functie of variabele verwijderd.
↩ CLEAR	Verwijdert de getoonde vergelijking uit de Vergelijkingenlijst.
↩ ▲ of ↩ ▼	Gaat omhoog en omlaag in de Vergelijkingenlijst.
→ SHOW	Toont de checksum (verificatiewaarde) en de lengte (bytes geheugen) van de getoonde vergelijking.
C	Verlaat de Vergelijkingenmodus.

U kunt vergelijkingen ook in programma's gebruiken; dit wordt besproken in hoofdstuk 12.

Vergelijkingen invoeren in de Vergelijkingenlijst

De *Vergelijkingenlijst* is een verzameling van de vergelijkingen die u invoert. De lijst wordt opgeslagen in het geheugen van de calculator. Elke vergelijking die u invoert, wordt automatisch opgeslagen in de Vergelijkingenlijst.

Om een vergelijking in te voeren, gaat u als volgt te werk:

1. Zorg ervoor dat de calculator de normale modus gebruikt, waarbij er meestal een getal in de display staat. U kunt bijvoorbeeld niet de programma- of variabelencatalogus bekijken.
2. Druk op (→) (EQN). De **EQN** indicator geeft aan dat de Vergelijkingenmodus actief is, en er wordt een onderdeel van de Vergelijkingenlijst getoond.
3. Begin met het typen van de vergelijking. De vorige display wordt vervangen door de vergelijking die u invoert. De vorige vergelijking wordt niet beïnvloed. Als u een vergissing maakt, drukt u waar nodig op (←).
4. Druk op (ENTER) om de vergelijking te beëindigen en in de display te bekijken. De vergelijking wordt automatisch opgeslagen in de Vergelijkingenlijst, direct achter de vergelijking die in de display stond toen u de nieuwe vergelijking intoetste. (Als u in plaats hiervan op (C) drukt, wordt de vergelijking opgeslagen, maar de Vergelijkingenmodus uitgeschakeld.)

U kunt een vergelijking zo groot maken als u wilt. U moet alleen rekening houden met de beschikbare geheugenruimte.

In een vergelijking kunnen variabelen, getallen, functies en haakjes staan; deze onderdelen worden besproken in de volgende paragrafen. Daarna volgt een voorbeeld dat het gebruik van deze elementen illustreert.

Variabelen in een vergelijking

U kunt alle 28 variabelen van de calculator gebruiken in een vergelijking: *A* tot en met *Z*, *i* en **(i)**. U kunt elke variabele zo vaak u wilt gebruiken. (Zie voor informatie over **(i)** "Variabelen en labels indirect adresseren" in hoofdstuk 13.)

Om een variabele in te voeren in een vergelijking drukt u op [RCL] *variabele* (of [STO] *variabele*). Als u op [RCL] drukt, geeft **A..Z** aan dat u een toets voor een variabele kunt gebruiken om de naam in de vergelijking in te voeren.

Getallen in een vergelijking

In een vergelijking kunt u alle geldige getallen invoeren, *behalve* breuken en getallen die niet het grondtal 10 hebben. Getallen worden altijd getoond in de display instelling ALL, waarbij u maximaal 12 tekens ziet.

Om een getal in te voeren in een vergelijking kunt u de standaardtoetsen voor het invoeren van getallen gebruiken, inclusief [.], [+/-] en [E]. Druk pas op [+/-] nadat u één of meer cijfers hebt getypt. Gebruik [+/-] niet voor het aftrekken van getallen.

Als u begint met het invoeren van het getal, verandert de cursor van "▮" in "_" om aan te geven dat een getal wordt ingevoerd. De oorspronkelijke cursor wordt weer hersteld als u op een niet-numerieke toets drukt.

Functies in een vergelijking

U kunt veel functies van de HP 32SII invoeren in een vergelijking. Een complete lijst vindt u in "Functies die in vergelijkingen gebruikt kunnen worden" later in dit hoofdstuk. Deze informatie staat ook in appendix F, de "Bewerkingsindex".

U voert functies in een vergelijking bijna op dezelfde wijze in als bij een gewone algebraïsche uitdrukking:

- Bepaalde functies in een vergelijking worden gewoonlijk *tussen* de bijbehorende argumenten getoond, zoals "+" en "÷". Dergelijke zogenaamde *infix* operators voert u in een vergelijking in dezelfde volgorde in.

- Bij andere functies staan gewoonlijk één of meer argumenten *achter* de functienaam, zoals "COS" en "LN". Dergelijke *prefix* functies voert u in een vergelijking in op de plaats waar de functie nodig is. De toets die u indrukt, plaatst een beginhaakje achter de functienaam, zodat u de argumenten kunt invoeren.

  Als de functie twee of meer argumenten heeft, gebruikt u [SPACE] (op de [R/S] toets) om de argumenten te scheiden.

  Als de functie wordt gevolgd door andere bewerkingen, drukt u op [→] [)] om de functie-argumenten te beëindigen. Als er geen bewerkingen volgen, hoeft u het afsluitende ")" niet toe te voegen.

Als de eerste toets in een vergelijking een functie van de bovenste rij toetsen op de calculator is en de ▮ indicator in de getoonde vergelijking staat, moet u eerst op [→] [SCRL] drukken om de indicator uit te schakelen. (Zie voor meer informatie "Vergelijkingen tonen en kiezen" later in dit hoofdstuk.)

Haakjes in een vergelijking

U kunt haakjes in een vergelijking plaatsen om de volgorde te bepalen waarin de bewerkingen worden uitgevoerd. Druk op [→] [(] en [→] [)] om haakjes in te voeren. (Zie voor meer informatie "Prioriteit van operators" later in dit hoofdstuk.)

Voorbeeld: een vergelijking invoeren.

Voer de vergelijking $r = 2 \times c \times \cos(t - a)$ in.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[→] [EQN]	V=0,25×π×D^2×	Toont de laatst gebruikte vergelijking van de Vergelijkingenlijst.
[RCL] R [→] [=]	R=■	Begint een nieuwe vergelijking met de variabele R.
2	R= 2_	Voert een getal in en verandert de cursor in "_".
[×] [RCL] C [×]	R=2×C×■	Voert de infix-operators tussen de argumenten in.
[COS]	R=2×C×COS(■	Voert een functie vóór de argumenten in met een beginhaakje.
[RCL] T [−] [RCL] A [→] [)]	×C×COS(T-A)■	Voert het argument en het afsluitende haakje in. Dit laatste haakje is niet verplicht.
[ENTER]	R=2×C×COS(T-	Beëindigt en toont de vergelijking.
[→] [SHOW]	CK=56C1 018,0	Toont de checksum en de lengte.
[C]		Verlaat de Vergelijkingenmodus.

Vergelijkingen tonen en kiezen

In de Vergelijkingenlijst staan de vergelijkingen die u hebt ingevoerd. U kunt deze vergelijkingen tonen en één vergelijking kiezen waarmee u wilt werken.

Een vergelijking tonen:

1. Druk op [→] [EQN]. Hierdoor activeert u de Vergelijkingenmodus en komt de **EQN** indicator in de display. In de display wordt een onderdeel van de Vergelijkingenlijst getoond:

- EQN LIST TOP als er geen vergelijkingen in de lijst staan of als de cursor aan het begin van de lijst staat.
- De huidige vergelijking (de laatste vergelijking die u bekeken hebt).

2. Druk op ↰ ▲ of ↰ ▼ om door de Vergelijkingenlijst te bladeren en elke vergelijking te bekijken. Het begin en einde van de lijst "gaan in elkaar over". EQN LIST TOP geeft het begin van de lijst aan.

Een lange vergelijking bekijken:

1. Toon de vergelijking in de Vergelijkingenlijst, zoals hierboven is beschreven. Als er meer dan 12 tekens in staan, worden slechts 12 tekens getoond. De → indicator geeft aan dat er meer tekens aan de rechterkant staan. De ▮ indicator boven Σ+ geeft aan dat u de display kunt "verschuiven".

2. Druk op Σ+ om de vergelijking met één teken tegelijk te verschuiven, zodat u de tekens aan de rechterkant ziet. Druk op √x om de tekens aan de linkerkant te zien. ← en → verdwijnen als er geen tekens meer aan de linker- of rechterkant staan.

Druk op ↱ SCRL om het verschuiven in- en uit te schakelen. Als het verschuiven uitgeschakeld is, wordt de linkerkant van de vergelijking getoond en verdwijnen de ▮ indicators; de toetsen van de bovenste rij voeren de functies van de labels uit die geen shift-toets nodig hebben. Als u een nieuwe vergelijking wilt invoeren, die begint met een functie van de bovenste rij (zoals LN), moet u het verschuiven uitschakelen.

Een vergelijking kiezen:

Toon de vergelijking in de Vergelijkingenlijst, zoals hierboven is beschreven. De getoonde vergelijking is de vergelijking die wordt gebruikt voor alle bewerkingen met een vergelijking.

Voorbeeld: een vergelijking bekijken.

Bekijk de vergelijking die u het laatst hebt ingevoerd.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↷ EQN	R=2×C×COS(T-	Toont de huidige vergelijking van de Vergelijkingenlijst.
Σ+ Σ+	2×C×COS(T-A)	Toont twee extra tekens aan de rechterkant.
√x	=2×C×COS(T-A	Toont één teken aan de linkerkant.
C		Verlaat de Vergelijkingenmodus.

Vergelijkingen wijzigen en wissen

U kunt een vergelijking wijzigen of wissen tijdens het invoeren. U kunt ook vergelijkingen in de Vergelijkingenlijst wijzigen of wissen.

Een vergelijking wijzigen bij het invoeren:

1. Druk een aantal malen op ← tot u het verkeerde getal of de verkeerde functie wist.

   Als u een decimaal getal typt en de _ getallencursor in de display staat, wist u met ← alleen het meest rechtse teken. Als u alle tekens in het getal wist, herstelt de calculator de "▮" vergelijkingencursor.

   Als de "▮" vergelijkingencursor in de display staat, wordt met ← het meest rechtse getal of de meest rechtse functie *in zijn geheel* gewist.

2. Type de rest van de vergelijking opnieuw.

3. Druk op ENTER (of C) om de vergelijking op te slaan in de Vergelijkingenlijst.

Een opgeslagen vergelijking wijzigen:

1. Toon de gewenste vergelijking. (Zie "Vergelijkingen tonen en kiezen" eerder in dit hoofdstuk.)
2. Druk op ◀ (slechts één keer) om het wijzigen van de vergelijking te starten. Aan het eind van de vergelijking verschijnt de "■" vergelijkingencursor. Er wordt geen enkel onderdeel van de vergelijking gewist.
3. Gebruik ◀ om de vergelijking te wijzigen zoals hierboven is beschreven.
4. Druk op ENTER (of C) om de gewijzigde vergelijking op te slaan in de Vergelijkingenlijst, zodat de vorige versie vervangen wordt.

Een vergelijking wissen bij het invoeren:

Druk op ↩ CLEAR en daarna op {Y}. In de display wordt het vorige onderdeel van de Vergelijkingenlijst getoond.

Een opgeslagen vergelijking wissen:

1. Toon de gewenste vergelijking. (Zie "Vergelijkingen tonen en kiezen" eerder in dit hoofdstuk.)
2. Druk op ↩ CLEAR. In de display wordt het vorige onderdeel van de Vergelijkingenlijst getoond.

Als u *alle* vergelijkingen wilt wissen, moet u iedere vergelijking afzonderlijk wissen: verschuif de lijst tot u bij EQN LIST TOP komt, druk op ↩ ▲ en daarna steeds op ↩ CLEAR als een vergelijking getoond wordt, tot u EQN LIST TOP ziet.

Voorbeeld: een vergelijking wijzigen.

Verwijder het facultatieve rechter haakje in de vergelijking van het vorige voorbeeld.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
→ EQN	R=2×C×COS(T-	Toont de huidige vergelijking in de Vergelijkingenlijst.
◀	×C×COS(T-A)▮	Schakelt de Vergelijkingen-invoermodus in en toont de "▮" cursor aan het einde van de vergelijking.
◀	2×C×COS(T-A▮	Verwijdert het rechter haakje.
ENTER Σ+ Σ+	=2×C×COS(T-A	Toont het einde van de gewijzigde vergelijking in de Vergelijkingenlijst.
C		Verlaat de Vergelijkingenmodus.

Soorten vergelijkingen

De HP 32SII werkt met drie soorten vergelijkingen

- **Gelijkheid.** Er staat een "=" teken in de vergelijking en aan de linkerzijde staan meerdere variabelen. Bijvoorbeeld: $x^2 + y^2 = r^2$ is een *gelijkheid*.
- **Toekenning.** Er staat een "=" in de vergelijking en aan de linkerzijde staat slechts één variabele. Bijvoorbeeld: $A = 0{,}5 \times b \times h$ is een *toekenning*.
- **Uitdrukking.** Er staat *geen* "=" teken in de vergelijking. Bijvoorbeeld: $x^3 + 1$ is een *uitdrukking*.

Als u een bewerking met een vergelijking uitvoert, kunt u alle soorten gebruiken, maar het soort vergelijking bepaalt de manier waarop de vergelijking wordt geëvalueerd. Als u een vraagstuk met een onbekende variabele oplost, gebruikt u waarschijnlijk een gelijkheid of een toekenning. Als u een functie integreert, gebruikt u waarschijnlijk een uitdrukking.

Vergelijkingen evalueren

Eén van de grootste voordelen van vergelijkingen is de mogelijkheid om ze te *evalueren*—zo genereert u numerieke waarden. Op deze manier kunt u een resultaat van een vergelijking berekenen. (Ook kunt u vergelijkingen oplossen en integreren, zoals in hoofdstuk 7 en 8 beschreven wordt.)

Omdat veel vergelijkingen bestaan uit twee zijden die gescheiden worden door "=", is het *verschil* tussen de waarden van de twee zijden de bepalende waarde van een vergelijking. Voor deze berekening wordt "=" in een vergelijking eigenlijk op dezelfde wijze gebruikt als −. De waarde geeft aan hoe het evenwicht van de vergelijking is.

De HP 32SII heeft twee toetsen voor het evalueren van een vergelijking: [ENTER] en [XEQ]. Het enige verschil is de manier waarop vergelijkingen van het type *toekenning* worden geëvalueerd:

- [XEQ] geeft de waarde van de vergelijking, ongeacht de soort vergelijking.
- [ENTER] geeft de waarde van de vergelijking *behalve* als de vergelijking een *toekenning* is. Bij een toekenning geeft [ENTER] alleen de waarde van de rechterzijde, en wordt deze waarde in de variabele aan de linkerzijde "ingevoerd"; de waarde wordt in de variabele opgeslagen.

In de volgende tabel worden de twee manieren voor het evalueren van een vergelijking geïllustreerd:

Soort vergelijking	Oplossing met [ENTER]	Oplossing met [XEQ]
Gelijkheid: $g(x) = f(x)$ Voorbeeld: $x^2 + y^2 = r^2$	$g(x) - f(x)$ $x^2 + y^2 - r^2$	
Toekenning: $y = f(x)$ Voorbeeld: $A = 0{,}5 \times b \times h$	$f(x)$ * $0{,}5 \times b \times h$ *	$y - f(x)$ $A - 0{,}5 \times b \times h$
Uitdrukking: $f(x)$ Voorbeeld: $x^3 + 1$	$f(x)$ $x^3 + 1$	
* Slaat de oplossing ook op in de linker variabele, bijvoorbeeld A.		

Een vergelijking evalueren:

1. Toon de gewenste vergelijking. (Zie "Vergelijkingen tonen en kiezen" eerder in dit hoofdstuk.)
2. Druk op [ENTER] of [XEQ]. De vergelijking vraagt om een waarde voor elke vereiste variabele. (Als u het grondtal verandert hebt, wordt automatisch weer het grondtal 10 ingesteld.)
3. Voer bij iedere aanroep de gewenste waarde in:
   - Druk op [R/S] als de getoonde waarde juist is.
   - Als u een andere waarde wilt, typt u de waarde en drukt u op [R/S]. (Zie ook "Reageren op een aanroep bij vergelijkingen" later in dit hoofdstuk.)

Bij het evalueren van een vergelijking worden geen waarden uit het stapelgeheugen gebruikt, maar alleen getallen in de vergelijking en waarden van variabelen. De waarde van de vergelijking wordt in het X-register geplaatst. Het LAST X register wordt niet beïnvloed.

Evalueren met ENTER

Als een vergelijking in de Vergelijkingenlijst getoond wordt, kunt u op [ENTER] drukken om de vergelijking te evalueren. (Als u bezig bent een vergelijking te *typen*, wordt de vergelijking met [ENTER] alleen *beëindigd* en niet geëvalueerd.)

- Als de vergelijking een *toekenning* is, wordt alleen de rechterzijde geëvalueerd. Het resultaat wordt in het X-register geplaatst en opgeslagen in de linker variabele, waarna deze in de display is te zien. [ENTER] berekent dus eigenlijk de waarde van de linker variabele.
- Als de vergelijking een *gelijkheid* of een *uitdrukking* is, wordt de gehele vergelijking geëvalueerd, evenals bij [XEQ]. De oplossing wordt in het X-register geplaatst.

Voorbeeld: een vergelijking evalueren met ENTER.

Gebruik de vergelijking uit het begin van dit hoofdstuk om het volume van een buis met een lengte van 20 meter en een diameter van 35 mm te berekenen.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[→] [EQN] ([←] [▲] zo nodig)	V=0,25×π×D^2×	Toont de gewenste vergelijking.
[ENTER]	D?2,5000	Begint met het evalueren van de toekenning, zodat de waarde opgeslagen wordt in V. Vraagt om variabelen aan de rechterzijde van de vergelijking. De huidige waarde van D is 2,5000.
35 [R/S]	L?16,0000	Slaat D op en vraagt om de waarde van L, waarvan de huidige waarde 16,0000 is.
20 [ENTER] 1000 [×] [R/S]	V=19.242.255,00	Slaat L op in millimeters; berekent V in kubieke millimeters, slaat de oplossing op in V en toont V.
[E] 6 [÷]	19,2423	Verandert kubieke millimeters in liters (maar verandert V niet).

Evalueren met XEQ

Als een vergelijking in de Vergelijkingenlijst wordt getoond, kunt u op [XEQ] drukken om de vergelijking te evalueren. De vergelijking wordt in zijn geheel geëvalueerd, ongeacht het type vergelijking. De oplossing wordt in het X-register geplaatst.

Voorbeeld: een vergelijking evalueren met XEQ.

Gebruik de resultaten uit het vorige voorbeeld om te berekenen hoe groot de verandering van het volume van de pijp is, als de diameter wordt gewijzigd in 35,5 mm.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↗ EQN	V=0,25×π×D^2×	Toont de gewenste vergelijking.
XEQ	V?19.242.255,00	Begint met het evalueren van de vergelijking om de waarde te berekenen. Vraagt om *alle* variabelen.
R/S	D?35,0000	Behoudt de waarde van V, vraagt om de waarde van D.
35.5 R/S	L?20.000,0000	Slaat nieuwe waarde voor D op, vraagt om L.
R/S	-553.705,7051	Behoudt de waarde van L; berekent de waarde van de vergelijking—het verschil tussen de linker- en de rechterzijde.
E 6 ÷	-0,5537	Verandert kubieke millimeters in liters.

De waarde van de vergelijking bestaat uit het *verschil* tussen het oude volume (uit V) en het nieuwe volume (berekend met de nieuwe D waarde). Het getoonde getal is dus gelijk aan de vermindering van het oude volume.

Reageren op een aanroep bij vergelijkingen

Wanneer u een vergelijking evalueert, vraagt de calculator bij elke vereiste variabele om een waarde. In de aanroep ziet u de naam van de variabele en de huidige waarde, bijvoorbeeld X?2,5000.

- **Als u het getal ongewijzigd wilt laten**, drukt u alleen op R/S.
- **Als u het getal wilt wijzigen**, typt u het nieuwe getal en drukt u op R/S. Dit nieuwe getal overschrijft de oude waarde in het X-register.

Als u wilt, kunt u een getal als een breuk invoeren. Als u een getal wilt berekenen, gebruikt u de normale toetsenbord-bewerkingen en drukt u vervolgens op [R/S]. U kunt bijvoorbeeld op 2 [ENTER] 5 [y^x] [R/S] drukken.

- **Voor berekeningen met het getoonde getal** drukt u op [ENTER] voordat u een ander getal typt.
- **Als u de aanroep wilt annuleren**, drukt u op de [C]. De huidige waarde van de variabele blijft in het X-register staan. Als u tijdens het invoeren van getallen op [C] drukt, wordt het getal gewist en vervangen door nul. Druk nogmaals op [C] om de aanroep te annuleren.
- **Als u de cijfers wilt zien die achter de aanroep verborgen zijn**, drukt u op [→] [SHOW].

Elke aanroep plaatst de waarde van de variabele in het X-register en schakelt het omhoog schuiven van het stapelgeheugen uit. Als u achter de aanroep een getal typt, vervangt dit getal de waarde in het X-register. Als u op [R/S] drukt, wordt het omhoog schuiven van het stapelgeheugen ingeschakeld, zodat de waarde in het stapelgeheugen gehandhaafd blijft.

De syntaxis van vergelijkingen

Hoe een vergelijking wordt geëvalueerd, wordt bepaald door een aantal conventies met betrekking tot:

- De onderlinge verhouding van de operators.
- De functies die geldig zijn in vergelijkingen.
- De manier waarop de syntaxis van vergelijkingen wordt gecontroleerd.

Prioriteit van operators

Operators in een vergelijking worden in een bepaalde volgorde verwerkt, zodat de oplossing logisch en voorspelbaar wordt:

Volgorde	Operator	Voorbeelden
1	Functies en haakjes	SIN(X+1), (X+1)
2	Veranderen van teken ([+/-])	-A
3	Machtsverheffen ([y^x])	X^3
4	Vermenigvuldigen en delen	X×Y, A÷B
6	Optellen en aftrekken	P+Q, A-B
7	Gelijkheid	B=C

Zo worden bijvoorbeeld alle bewerkingen *tussen* de haakjes uitgevoerd *vóór* bewerkingen *buiten* de haakjes.

Voorbeelden:

Vergelijking	Betekenis
A×B^3=C	$a \times (b^3) = c$
(A×B)^3=C	$(a \times b)^3 = c$
A+B÷C=12	$a + (b \,/\, c) = 12$
(A+B)÷C=12	$(a + b) \,/\, c = 12$
%CHG(T+12 A-6)^2	$[\%\mathrm{CHG}(\,(t+12), (a-6)\,)]^2$

U kunt geen haakjes gebruiken voor impliciete vermenigvuldiging. Bijvoorbeeld: de uitdrukking $p(1-f)$ moet worden ingevoerd als P×(1-F), met de operator "×" tussen P en het linker haakje.

Functies die in vergelijkingen gebruikt kunnen worden

In de volgende tabel staat een lijst van de functies die in vergelijkingen gebruikt kunnen worden. Deze informatie staat ook in appendix F, de "Bewerkingsindex".

LN	LOG	EXP	ALOG	SQ	SQRT
INV	IP	FP	RND	ABS	$x!$
SIN	COS	TAN	ASIN	ACOS	ATAN
SINH	COSH	TANH	ASINH	ACOSH	ATANH
→DEG	→RAD	→HR	→HMS	%CHG	XROOT
Cn,r	Pn,r	→KG	→LB	→°C	→°F
→CM	→IN	→L	→GAL	RANDOM	π
+	−	×	÷	∧	
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

Voor een gemakkelijke interpretatie wordt bij het invoeren van prefix-functies die met één of twee argumenten werken, een beginhaakje in de display geplaatst.

De prefix-functies die met twee argumenten werken, zijn: %CHG, XROOT, Cn,r en Pn,r. Scheid de twee argumenten door een spatie.

In een vergelijking verwerkt de XROOT functie, in vergelijking tot RPN, de argumenten in omgekeerde volgorde. Zo is bijvoorbeeld −8 [ENTER] 3 [$\sqrt[y]{}$] gelijk aan `XROOT(3 -8)`.

Alle andere functies met twee argumenten verwerken de argumenten in de volgorde Y, X, evenals bij RPN. Zo is bijvoorbeeld 28 [ENTER] 4 {Cn,r} gelijk aan `Cn,r(28 4)`.

Let bij functies met twee argumenten goed op als het tweede argument negatief is. Het tweede argument mag niet beginnen met een min-teken (−) voor aftrekken. Gebruik voor een getal [+/−]. Gebruik voor een variabele haakjes en −. Hieronder ziet u twee geldige vergelijkingen:

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

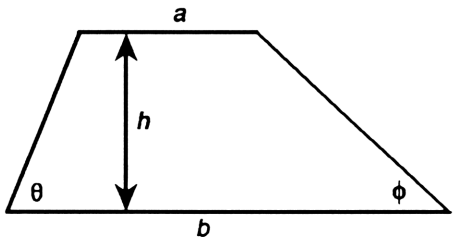
Zes van de functies die in vergelijkingen gebruikt kunnen worden, hebben namen die verschillen van de overeenkomstige RPN bewerkingen.

RPN bewerking	Functie in vergelijking
x^2	SQ
e^x	EXP
10^x	ALOG
$1/x$	INV
$\sqrt[x]{y}$	XROOT
y^x	^

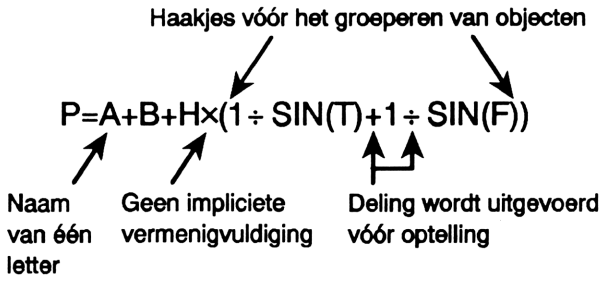
Voorbeeld: omtrek van een trapezium

Met de volgende vergelijking berekent u de omtrek van een trapezium. Op papier kan deze vergelijking er ongeveer als volgt uitzien:

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



De volgende vergelijking voldoet aan de syntaxisregels van de HP 32SII voor vergelijkingen:



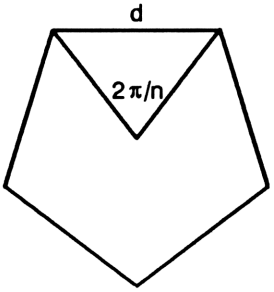
De volgende vergelijking voldoet eveneens aan de syntaxisregels. Deze vergelijking gebruikt de geïnverteerde functie INV(SIN(T)), in plaats van de breukvorm, 1÷SIN(T). U ziet dat de SIN functie in de INV functies "genest" is. (U voert INV in met [1/x].)

```
P=A+B+H×(INV(SIN(T))+INV(SIN(F)))
```

Voorbeeld: oppervlakte van een veelhoek.

De vergelijking voor de oppervlakte van een regelmatige veelhoek met n zijden met een lengte d ziet er als volgt uit:

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



U kunt deze vergelijking invoeren als:

```
A=0.25×N×D^2×COS(π÷N)÷SIN(π÷N)
```

Let op de combinatie van operators en functies waardoor de gewenste vergelijking tot stand komt.

U kunt de vergelijking met behulp van de volgende toetsaanslagen invoeren in de Vergelijkingenlijst:

→ EQN RCL A → = .25 × RCL N × RCL D y^x 2 × COS
→ π ÷ RCL N →) ÷ SIN → π ÷ RCL N →) ENTER

Foutieve syntaxis

De calculator controleert de syntaxis van een vergelijking pas als u de vergelijking evalueert en op elke aanroep reageert; dit gebeurt alleen als een waarde werkelijk berekend wordt. Als er een fout wordt ontdekt, ziet u INVALID EQN in de display. U moet de vergelijking wijzigen om de fout te corrigeren. (Zie "Vergelijkingen wijzigen en wissen" eerder in dit hoofdstuk.)

Door de syntaxis van een vergelijking niet te controleren totdat deze wordt geëvalueerd, biedt de HP 32SII u de mogelijkheid een "vergelijking" te maken die eigenlijk een melding is. Dit is vooral handig in programa's, zoals beschreven wordt in hoofdstuk 12.

Vergelijkingen verifiëren

Als u een vergelijking bekijkt—*niet* terwijl u een vergelijking intoetst—kunt u op → SHOW drukken om twee soorten informatie over de vergelijking te zien: de checksum en de lengte van de vergelijking. Houd de SHOW toets ingedrukt als u de waarden in de display wilt houden.

De checksum is een hexadecimale waarde van vier cijfers die dient als unieke identificatie van een bepaalde vergelijking. Geen enkele andere vergelijking heeft dezelfde waarde. Als u de vergelijking niet goed invoert, krijgt u een andere checksum. De lengte is het aantal bytes dat deze vergelijking gebruikt.

Met behulp van de checksum en de lengte kunt u controleren of de vergelijkingen die u invoert correct zijn. De checksum en de lengte van de vergelijking die u in een voorbeeld intoetst, moeten gelijk zijn aan de waarden die in deze handleiding staan.

Voorbeeld: checksum en lengte van een vergelijking.

Bepaal de checksum en de lengte van de vergelijking voor het volume van de buis aan het begin van dit hoofdstuk.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
→ EQN (← ▲ waar nodig)	V=0,25×π×D^2×	Toont de gewenste vergelijking.
→ SHOW (ingedrukt houden)	CK=5836 026,0	Toont de checksum en de lengte van de vergelijking.
(toets loslaten)	V=0,25×π×D^2×	Toont de vergelijking opnieuw.
C		Verlaat de Vergelijkingenmodus.

7

Vergelijkingen oplossen

In hoofdstuk 6 zag u hoe u met ENTER de waarde van de variabele aan de linkerkant van het "is-gelijk" teken berekent in een vergelijking van het type *toekenning*. SOLVE wordt gebruikt om de waarde van een *willekeurige* variabele in een *willekeurig* type vergelijking te berekenen.

Kijk bijvoorbeeld eens naar de volgende vergelijking:

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

Als de waarde van y in deze vergelijking bekend is, kan SOLVE de onbekende x oplossen. Als de waarde van x bekend is, kan SOLVE de onbekende y oplossen. Dit geldt ook voor "naamvariabelen":

$$Verhoging \times Kosten = Prijs$$

Als twee van deze variabelen bekend zijn, kan SOLVE de waarde van de derde berekenen.

Als er slechts één variabele in de vergelijking staat, of als de waarde van alle variabelen behalve één bekend is, is de oplossing van x een *wortel* van de vergelijking. Er is sprake van een wortel van een vergelijking als de beide zijden van een *gelijkheid* of *toekenning* exact gelijk zijn, of als een *uitdrukking* gelijk is aan nul. (Dit is hetzelfde als wanneer de *waarde* van de vergelijking gelijk is aan nul.)

Een vergelijking oplossen

Een vergelijking voor een onbekende variabele oplossen:

1. Druk op [↱] [EQN] en plaats de gewenste vergelijking in de display. Type, indien nodig, de vergelijking zoals in hoofdstuk 6 werd uitgelegd onder "Vergelijkingen invoeren in de Vergelijkingenlijst".
2. Druk eerst op [↱] [SOLVE] en vervolgens op de toets voor de onbekende variabele. Bijvoorbeeld: druk op [↱] [SOLVE] X om x op te lossen. De vergelijking vraagt dan om een waarde voor alle andere variabelen in de vergelijking.
3. Voer bij iedere aanroep de gewenste waarde in:
   - Als u de getoonde waarde wilt gebruiken, drukt u op [R/S].
   - Als u een andere waarde wilt gebruiken, typt of berekent u deze waarde en drukt u op [R/S]. (Zie voor gedetailleerde informatie "Reageren op een aanroep bij vergelijkingen" in hoodstuk 6).

U kunt een bewerking tijdens het uitvoeren onderbreken met [C] of [R/S].

Als de wortel berekend is, wordt deze opgeslagen in de onbekende variabele en wordt deze variabele getoond in de display. Daarnaast staat de wortel ook in het X-register; in het Y-register staat de vorige schatting en in het Z-register de waarde van de vergelijking met de wortel (deze waarde moet nul zijn).

Bij sommige gecompliceerde wiskundige gevallen kan geen uiteindelijke oplossing gevonden worden en toont de calculator de melding NO ROOT FOUND. Zie ook "De oplossing verifiëren" later in dit hoofdstuk en "Resultaten interpreteren" en "Als SOLVE geen oplossing kan berekenen" in appendix C.

Bij sommige vergelijkingen is het nuttig om voor de onbekende variabele één of twee *initiële schattingen* aan te geven voordat u de vergelijking oplost. Hierdoor kan de berekening sneller worden uitgevoerd, de oplossing naar een realistisch antwoord gestuurd worden en indien van toepassing meer dan één oplossing gevonden worden. Zie "Initiële schattingen gebruiken voor SOLVE" verder in dit hoofdstuk.

Voorbeeld: vergelijking voor éénparige beweging oplossen.

De bewegingsvergelijking van een voorwerp in vrije val is:

$$d = v_0 t + {}^1/_2\, gt^2$$

waarbij d de afstand, v_0 de initiële snelheid t de tijd en g de versnelling van de zwaartekracht is.

Type de vergelijking:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↶ CLEAR {ALL} {Y}		Wist het geheugen.
↷ EQN	EQN LIST TOP of huidige vergelijking	Kiest Vergelijkingenmodus.
RCL D ↷ = RCL V × RCL T +	D=V×T+	Start de vergelijking.
.5 × RCL G × RCL T y^x 2	T+0,5×Z×T^ 2_	
ENTER	D=V×T+0,5×G×T	Beëindigt de vergelijking en toont het linker gedeelte.
↷ SHOW	CK=6A92 029,0	Checksum en lengte.

g (versnelling van zwaartekracht) staat in de vergelijking als een variabele, zodat u deze waarde kunt wijzigen in verschillende eenheden (9,8 m/s^2 of 32,2 ft/s^2).

Bereken hoeveel meter een voorwerp vanuit rust in 5 seconden valt. Omdat de Vergelijkingenmodus reeds ingeschakeld is en de gewenste vergelijking in de display staat, kunt u beginnen met het oplossen van D:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↱ SOLVE	SOLVE _	Vraagt om een onbekende variabele.
D	V?*value*	Kiest D; vraagt om waarde voor V.
0 R/S	T?*value*	Slaat 0 op in V; vraagt om een waarde voor T.
5 R/S	G?*value*	Slaat 5 op in T; vraagt om een waarde voor G.
9.8 R/S	SOLVING D=122,5000	Slaat 9,8 op in G; lost D op.

Voer een andere berekening uit met dezelfde vergelijking: hoeveel tijd heeft een voorwerp vanuit rust nodig voor een val van 500 meter?

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↱ EQN	D=V×T+0,5×G×T	Toont de vergelijking.
↱ SOLVE T	D?122,5000	Lost T op; vraagt om een waarde voor D.
500 R/S	V?0,0000	Slaat 500 op in D; vraagt om waarde voor V.
R/S	G?9,8000	Laat 0 in V staan; vraagt om een waarde voor G.
R/S	SOLVING T=10,1015	Laat 9,8 in G staan; lost T op.

Voorbeeld: de vergelijking voor de wet van Boyle-Gay-Lussac oplossen.

De wet van Boyle-Gay-Lussac geeft de relatie aan tussen druk, volume, temperatuur en de hoeveelheid van een ideaal gas (in mol):

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

waarbij P de druk (in atmosfeer of N/m^2), V het volume (in liters), N de hoeveelheid gas in mol, R de universele gasconstante

(0,0821 liter-atm/mol-K of 8,314 J/mol-K) en T de temperatuur is (in Kelvin: K = °C + 273,1).

Voer de vergelijking in:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
(→) (EQN) (RCL) P (×)	P×▮	Kiest de Vergelijkingenmodus en start de vergelijking.
(RCL) V (→) (=) (RCL) N (×) (RCL) R (×) (RCL) T	P×V=N×R×T▮	
(ENTER)	P×V=N×R×T	Beëindigt en toont de vergelijking.
(→) (SHOW)	CK=13E3 015,0	Checksum en lengte.

In een fles met een inhoud van 2 liter zit 0,005 mol koolstofdioxide bij een temperatuur van 24°C. Bereken de druk van het gas en ga ervan uit dat het zich gedraagt als een ideaal gas. Omdat de Vergelijkingenmodus reeds ingeschakeld is en de gewenste vergelijking in de display staat, kunt u beginnen met het oplossen van P.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
(→) (SOLVE) P	V?*value*	Lost P op; vraagt om waarde voor V.
2 (R/S)	N?*value*	Slaat 2 op in V; vraagt om een waarde voor N.
.005 (R/S)	R?*value*	Slaat 0,005 op in N; vraagt om een waarde voor R.
.0821 (R/S)	T?*value*	Slaat 0,0821 op in R; vraagt om een waarde voor T.
24 (ENTER) 273.1 (+)	T?297,1000	Berekent T (Kelvin).
(R/S)	SOLVING P=0,0610	Slaat 297,1 op in T; berekent P in atmosfeer.

In een fles met een inhoud van 5 liter zit stikstof. De druk is 0,05 atmosfeer bij een temperatuur van 18 °C. Bereken de dichtheid van het gas ($N \times 28/V$, waarbij 28 het moleculair gewicht van stikstof is).

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
(→) [EQN]	P×V=N×R×T	Toont de vergelijking.
(→) [SOLVE] N	P?0,0610	Lost N op; vraagt om een waarde voor P.
.05 [R/S]	V?2,0000	Slaat 0,05 op in P; vraagt om waarde voor V.
5 [R/S]	R?0,0821	Slaat 5 op in V; vraagt om een waarde voor R.
[R/S]	T?297,1000	Behoudt vorige waarde van R; vraagt om een waarde voor T.
18 [ENTER] 273.1 [+]	T?291,1000	Berekent T (Kelvin).
[R/S]	SOLVING N=0,0105	Slaat 291,1 op in T; lost N op.
28 [×]	0,2929	Berekent de massa in grammen, $N \times 28$.
[RCL] V [÷]	0,0586	Berekent de dichtheid in gram per liter.

SOLVE begrijpen en gebruiken

SOLVE maakt bij het oplossen van de onbekende variabele gebruik van een iteratieve (zich herhalende) procedure. De procedure begint met het evalueren van de vergelijking met behulp van twee initiële schattingen voor de onbekende variabele. Op basis van de oplossingen van deze twee schattingen genereert SOLVE een volgende en betere schatting. Door deze procedure steeds te herhalen, berekent SOLVE een waarde voor de onbekende waarbij de waarde van de vergelijking gelijk is aan nul.

Als SOLVE een vergelijking evalueert, gaat dat op dezelfde manier als bij [XEQ]: elk "=" teken in de vergelijking wordt beschouwd als een "–" teken. Zo wordt bijvoorbeeld de vergelijking voor de wet van Boyle-Gay-Lussac als volgt geëvalueerd: $P \times V - (N \times R \times T)$. Deze methode garandeert dat de beide zijden van een *gelijkheid* of een *toekenning* in de wortel gelijk zijn, en dat een *uitdrukking* in de wortel gelijk is aan nul.

Sommige vergelijkingen zijn moeilijker op te lossen dan andere. In sommige gevalllen moet u initiële schattingen invoeren om een oplossing te berekenen. (Zie "Initiële schattingen gebruiken voor SOLVE" later in dit hoofdstuk.) Als SOLVE geen oplossing kan berekenen, toont de calculator de melding NO ROOT FND.

Zie appendix C voor meer informatie over het werken met SOLVE.

De oplossing verifiëren

Als de berekening met SOLVE is beëindigd, kunt u controleren of het resultaat inderdaad een oplossing van de vergelijking is, door de waarden te bekijken die nog in het stapelgeheugen staan:

- In het X-register (druk op [C] om de bekeken variabele te wissen) staat de oplossing (wortel) van de onbekende; dit is de waarde waarbij de oplossing van de vergelijking gelijk is aan nul.
- In het Y-register (druk op [R↓]) staat de vorige schatting voor de wortel. Dit getal moet hetzelfde zijn als de waarde in het X-register. Als dit *niet* zo is, is de berekende wortel slechts een *benadering*, en zijn de waarden in het X- en Y-register de grenzen waar de wortel tussen ligt. Deze waarden moeten dicht bij elkaar liggen.
- In het Z-register (druk opnieuw op [R↓]) staat de waarde van de vergelijking bij de wortel. Bij een rationele wortel moet deze waarde nul zijn. Als de waarde niet gelijk is aan nul, is de berekende wortel slechts een *benadering*; dit getal moet dicht bij nul liggen.

Als een berekening eindigt met de melding NO ROOT FND, was het benaderingsproces niet convergent. (U kunt de waarde in het X-register bekijken—de laatste schatting van de wortel—door op [C] of [←] te drukken zodat de melding wordt gewist.) De waarden in het X- en Y-register begrenzen het interval waarin de wortel het laatst gezocht werd. In het Z-register staat de waarde van de vergelijking bij de laatste schatting van de wortel.

- Als de waarden in het X- en Y-register niet dicht bij elkaar liggen of de waarde in het Z-register niet dicht bij nul ligt, is de schatting in het X-register waarschijnlijk geen wortel.
- Als de waarden in het X- en Y-register *wel* dicht bij elkaar liggen en de waarde in het Z-register *wel* dicht bij nul ligt, is de schatting in het X-register waarschijnlijk een benadering van de wortel.

Een bewerking met SOLVE onderbreken

Als u een bewerking wilt onderbreken, drukt u op [C] of [R/S].
De huidige beste schatting van de wortel staat in de onbekende variabele; gebruik [↱] [VIEW] om deze waarde te bekijken zonder het stapelgeheugen te beïnvloeden.

Initiële schattingen gebruiken voor SOLVE

SOLVE gebruikt als initiële schattingen:

- Het getal dat nu in de onbekende variabele is opgeslagen.
- Het getal in het X-register (de display).

Deze twee getallen worden gebruikt voor schattingen, *onafhankelijk van al of niet door u ingevoerde schattingen.* Als u slechts één schatting invoert en deze in de variabele opslaat, heeft de tweede schatting dezelfde waarde, omdat het getal dat u in de variabele opslaat, ook in de display bewaard blijft. (Als dit het geval is, brengt de calculator een kleine verandering aan in één schatting, zodat er twee verschillende schattingen zijn.)

Het invoeren van eigen schattingen heeft de volgende voordelen:

- Door het zoekbereik te verkleinen, is er minder tijd nodig voor het zoeken van een oplossing.
- Als er meer dan één wiskundige oplossing is, kunt u met behulp van schattingen de SOLVE procedure de gewenste oplossing of oplossingen binnen een bepaald bereik laten berekenen. Zo kan bijvoorbeeld de vergelijking voor een éénparige beweging

$$d = v_0 t + {}^1/_2\, gt^2$$

twee oplossingen hebben voor t. U kunt de enige zinvolle oplossing ($t > 0$) laten berekenen door de juiste schattingen in te voeren.

Bij het voorbeeld met deze vergelijking eerder in dit hoofdstuk vroeg de calculator niet om schattingen voordat T werd opgelost, omdat u in het eerste gedeelte van dit voorbeeld een waarde voor T hebt opgeslagen en D hebt opgelost. De waarde die in T kwam te staan, was een goede (realistische) waarde, zodat hij gebruikt kon worden als schatting bij het oplossen van T.

- Als in een vergelijking bepaalde waarden voor de onbekende niet toegestaan zijn, kunt u met schattingen voorkomen dat deze waarden optreden. Bijvoorbeeld:

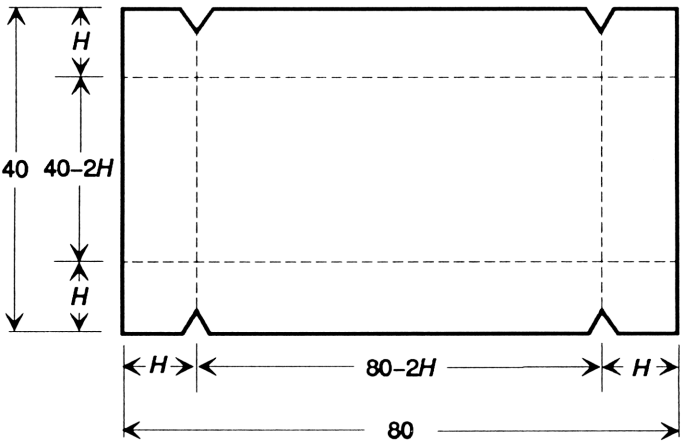
$$y = t + \log x$$

levert een fout op als $x \leq 0$ (meldingen LOG(0) of LOG(NEG)).

In het volgende voorbeeld heeft de vergelijking meer dan één wortel, maar berekent u de gewenste wortel met behulp van schattingen.

Voorbeeld. Schattingen gebruiken om een wortel te berekenen.

Maak met een rechthoekig stuk bladmetaal van 40 cm bij 80 cm een open doos met een volume van 7500 cm^3. U moet dan berekenen bij welke hoogte (dit is het gedeelte dat aan elk van de vier zijden omhoog gevouwen wordt) de doos het aangegeven volume heeft. U hebt liever een *hoge* doos dan een *lage*.



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

U kunt dit in vereenvoudigde vorm invoeren als

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

Type de vergelijking:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↱ EQN RCL V ↱ =	V=▮	Kiest de Vergelijkingenmodus en start de vergelijking.
↱ (40 − RCL H ↱)	V=(40-H)▮	
× ↱ (20 − RCL H ↱)	0-H)×(20-H)▮	
× 4 × RCL H	×(20-H)×4×H▮	
ENTER	V=(40-H)×(20	Beëindigt en toont de vergelijking.
↱ SHOW	CK=02AC 027,0	Checksum en lengte.

Het lijkt logisch dat voor het gewenste volume een hoge smalle of een lage brede doos gemaakt wordt. Omdat u liever een hoge smalle doos doos hebt, is het logisch om voor de initiële schatting van de hoogte een hoge waarde aan te geven. Maar een hoogte boven 20 cm is fysiek onmogelijk, omdat de metalen plaat slechts 40 cm breed is. Initiële schattingen van 10 en 20 cm zijn in dit geval dus geschikt.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
C		Verlaat de Vergelijkingenmodus.
10 STO H 20	20_	Slaat de onder- en bovengrens voor de schattingen op.
↱ EQN	V=(40-H)×(20	Toont huidige vergelijking.
↱ SOLVE H	V?*value*	Lost H op; vraagt om waarde voor V.
7500 R/S	H=15,0000	Slaat 7500 op in V; lost H op.

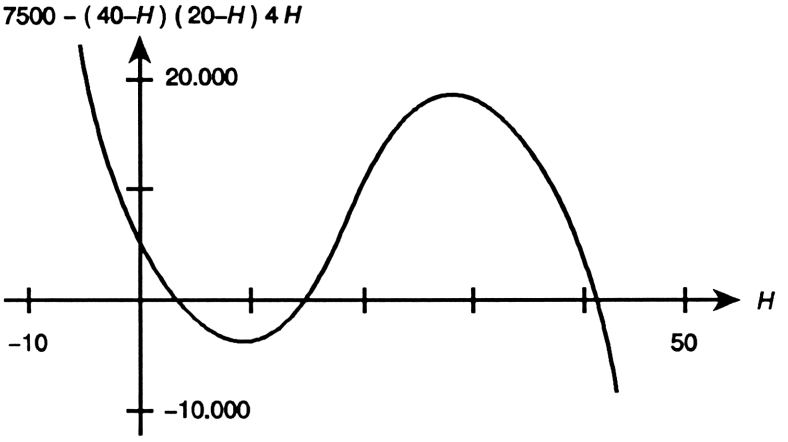
Toetsen:	Display:	Beschrijving:
C		Verlaat de Vergelijkingenmodus.
10 STO H 20	20_	Slaat de onder- en bovengrens voor de schattingen op.
↱ EQN	V=(40-H)×(20	Toont huidige vergelijking.
↱ SOLVE H	V?*value*	Lost H op; vraagt om waarde voor V.
7500 R/S	H=15,0000	Slaat 7500 op in V; lost H op.

Controleer nu de kwaliteit van deze oplossing—is het een exacte wortel—door de waarde van de vorige schatting van de wortel (in het Y-register) en de waarde van de vergelijking bij de wortel (in het Z-register) te bekijken.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
R↓	15,0000	Deze waarde uit het Y-register is de schatting die vlak voor de definitieve oplossing is berekend. Omdat deze waarde gelijk is aan de oplossing, is de oplossing een exacte wortel.
R↓	0,0000	Deze waarde uit het Z-register toont aan dat de vergelijking in de wortel gelijk is aan nul.

De afmetingen van de gewenste doos zijn 50 × 10 × 15 cm. Als u de bovengrens van de hoogte (20 cm) negeert, en de initiële schattingen van 30 en 40 cm gebruikt, krijgt u een hoogte van 42,0256 cm—een wortel die fysiek zinloos is. Als u lage initiële schattingen gebruikt, zoals 0 en 10 cm, krijgt u een hoogte van 2,9774 cm—dit levert een ongewenst lage en brede doos op.

Als u niet weet welke schattingen u moet gebruiken, kunt u een grafiek gebruiken om het gedrag van de vergelijking beter te begrijpen. Evalueer de vergelijking met verschillende waarden voor de onbekende. Bij ieder punt van de grafiek brengt u de vergelijking in de display en drukt op XEQ ; voer achter de aanroep voor x de *x-coördinaat* in



Voor meer informatie

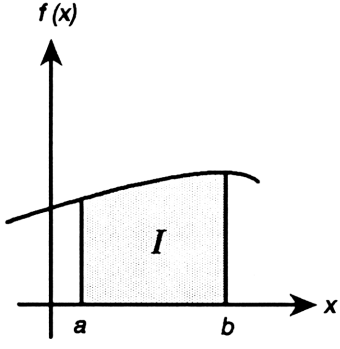
In dit hoofdstuk staan aanwijzingen voor het oplossen van onbekenden of wortels voor een groot aantal toepassingen. In appendix C staat meer gedetailleerde informatie over het algoritme met SOLVE, het interpreteren van oplossingen, wat er gebeurt wanneer geen oplossing gevonden wordt en omstandigheden die foutieve oplossingen kunnen veroorzaken.

8

Vergelijkingen integreren

Voor veel problemen in de wiskunde, exacte wetenschappen en techniek is het nodig de bepaalde integraal van een functie te berekenen. Als de functie wordt aangegeven door *f(x)* en het integratie-interval tussen *a* en *b* ligt, kan de integraal wiskundig worden uitgedrukt als

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



De hoeveelheid I kan geometrisch geïnterpreteerd worden als de oppervlakte van een gebied dat begrensd wordt door de grafiek van de functie $f(x)$, de x-as en de grenzen $x = a$ en $x = b$ (als $f(x)$ binnen het integratie-interval tekenvast is.) De [∫] bewerking (∫FN) integreert de huidige vergelijking naar de aangegeven variabele (∫FN d _). De functie kan meer dan één variabele hebben.

[∫] werkt alleen met *reële getallen*.

Vergelijkingen integreren (∫FN)

Een vergelijking integreren:

1. Als de vergelijking die de functie van de integrand definieert niet in de Vergelijkingenlijst is opgeslagen, toetst u de vergelijking in (zie "Vergelijkingen invoeren in de Vergelijkingenlijst" in hoofdstuk 6) en verlaat u de Vergelijkingenmodus. In de vergelijking staat gewoonlijk slechts een uitdrukking.
2. Voer de integratiegrenzen in: toets de *ondergrens* in en druk op [ENTER]; toets vervolgens de bovengrens in.
3. Toon de vergelijking: druk op [→] [EQN] en loop eventueel door de Vergelijkingenlijst (druk op [←] [▲] of [←] [▼]) om de gewenste vergelijking te tonen.
4. Kies de integratievariabele: druk op [→] [∫] *variabele*. Hiermee start u de bewerking.

Van alle bewerkingen in de calculator gebruikt [∫] de meeste geheugenruimte. Raadpleeg appendix B als u bij het uitvoeren van [∫] de melding MEMORY FULL ziet.

U kunt een integratie tijdens het uitvoeren onderbreken door op [C] of [R/S] te drukken. Er is echter geen informatie over de integratie beschikbaar totdat de bewerking op normale wijze is afgesloten.

De display instelling bepaalt de nauwkeurigheid die voor de functie aangenomen, en voor het resultaat gebruikt wordt. De integratie is nauwkeuriger, maar duurt *veel* langer bij de instelling {ALL} en de meer geavanceerde instellingen {FX}, {SC} en {EN}. De *onzekerheid* van de oplossing komt in het Y-register, zodat de integratiegrenzen omhoog schuiven naar het T- en Z-register. Zie voor meer informatie "Nauwkeurigheid van integratie" later in dit hoofdstuk.

Dezelfde vergelijking integreren met andere informatie:

Als u dezelfde integratiegrenzen gebruikt, drukt u op [R↓] [R↓] om deze grenzen in het X- en Y-register te plaatsen. Begin vervolgens bij stap 3 in de bovenstaande lijst. Begin bij stap 2 als u andere grenzen wilt gebruiken.

Als u een ander vraagstuk wilt uitwerken met een andere vergelijking, begint u opnieuw bij stap 1 met een vergelijking die de integrand defineert.

Voorbeeld: Bessel functie.

De nulde-orde Bessel functie van de eerste soort kan als volgt uitgedrukt worden:

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

Bereken de Bessel functie voor x-waarden van 2 en 3.

Voer de uitdrukking in die de functie van de integrand definieert:

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

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ CLEAR {ALL} {Y}		Wist het geheugen.
↱ EQN	Huidige vergelijking of EQN LIST TOP	Kiest Vergelijkingenmodus.
COS RCL X	COS(X▮	Typt de vergelijking.
× SIN	COS(X×SIN(▮	
RCL T	COS(X×SIN(T▮	
↱) ↱)	S(X×SIN(T))▮	De afsluitende haakjes aan de rechterkant zijn facultatief.
ENTER	COS(X×SIN(T)	Beëindigt de uitdrukking en toont de linkerzijde.
↱ SHOW	CK=F93B 012,0	Checksum en lengte.
C		Verlaat de Vergelijkingenmodus.

Integreer deze functie nu naar t van nul tot π; $x = 2$.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↩ MODES {RD}		Kiest de Radiaalmodus.
0 ENTER → π	3,1416	Voert de integratiegrenzen in (eerst de ondergrens).
→ EQN	COS(X×SIN(T)	Toont de functie.
→ ∫	∫FN d _	Vraagt om de integratievariabele.
T	X?*value*	Vraagt om een waarde voor X.
2 R/S	INTEGRATING ∫=0,7034	$x = 2$. Start de integratie; berekent resultaat voor $\int_0^{\pi} f(t)$.
→ π ÷	0,2239	Het definitieve resultaat voor $J_0(2)$.

Bereken nu $J_0(3)$ met dezelfde integratiegrenzen. U hoeft de functie niet opnieuw te specificeren (routine J), maar wel de integratiegrenzen $(0, \pi)$, omdat deze door de daarna uitgevoerde deling door π uit het stapelgeheugen "gevallen" zijn.

0 ENTER → π	3,1416	Voert de integratiegrenzen in (eerst de ondergrens).
→ EQN	COS(X×SIN(T)	Toont de huidige vergelijking.
→ ∫	∫FN d _	Vraagt om de integratievariabele.
T	X?2,0000	Vraagt om een waarde voor X.
3 R/S	INTEGRATING ∫=⁻0,8170	$x = 3$. Start de integratie en berekent het resultaat van $\int_0^{\pi} f(t)$.
→ π ÷	-0,2601	Het definitieve resultaat van $J_0(3)$.

Voorbeeld: sinusintegraal.

Voor bepaalde problemen in de communicatietheorie (bijvoorbeeld signaaltransmissie door ideale netwerken) is het nodig een integraal (ook wel *sinusintegraal* genoemd) van de volgende vorm te berekenen

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

Bereken $Si(2)$.

Voer de uitdrukking in die de functie van de integrand definieert:

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

Als de calculator deze functie probeert te evalueren met $x = 0$, de ondergrens van de integratie, levert dit een foutmelding op: DIVIDE BY 0. Het integratie-algoritme berekent functies echter gewoonlijk *niet* bij de integratiegrenzen zelf, behalve wanneer de eindpunten van de integratie-interval heel dicht bij elkaar liggen of het aantal punten heel groot is.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
→ EQN	De huidige vergelijking of EQN LIST TOP	Kiest de Vergelijkingenmodus.
SIN RCL X	SIN(X	Start de vergelijking.
→)	SIN(X)	Het afsluitende haakje aan de rechterkant moet in dit geval geplaatst worden.
÷ RCL X	SIN(X)÷X	
ENTER	SIN(X)÷X	Beëindigt de vergelijking.
→ SHOW	CK=4914 009,0	Checksum en grootte.
C		Verlaat de Vergelijkingenmodus.

Integreer deze functie nu naar x (d.w.z. X) van nul tot 2 ($t = 2$).

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
MODES {RD}		Kiest de Radiaalmodus.
0 ENTER 2	2_	Voert de integratiegrenzen in (eerst de ondergrens).
▶ EQN	SIN(X)÷X	Toont de huidige vergelijking.
▶ ∫ X	INTEGRATING ∫=1,6054	Berekent het resultaat voor $Si(2)$.

Nauwkeurigheid van integratie

Omdat de calculator de waarde van een integraal niet exact kan berekenen, wordt de waarde *benaderd*. De nauwkeurigheid van deze benadering is afhankelijk van de nauwkeurigheid van de functie van de integrand zelf, die met uw vergelijking is berekend. Deze nauwkeurigheid wordt beïnvloed door de afrondingsfout in de calculator en de nauwkeurigheid van de empirische constanten.

Integralen van functies met bepaalde kenmerken, zoals pieken of zeer snelle oscillaties kunnen *soms* onnauwkeurig worden berekend, maar dit gebeurt uiterst zelden. De algemene kenmerken van functies waarbij problemen kunnnen optreden en methodes om deze problemen op te lossen worden besproken in appendix D.

Nauwkeurigheid specificeren

De display instelling (FIX, SCI, ENG of ALL) bepaalt de *nauwkeurigheid* van de integratie: als er meer cijfers worden getoond, is de nauwkeurigheid van de berekende integraal groter (en kost het berekenen van de integraal ook meer tijd). Hoe minder cijfers er getoond worden, des te sneller wordt de berekening uitgevoerd, maar de calculator neemt aan dat de functie alleen nauwkeurig is in het aantal cijfers dat de display instelling aangeeft.

Om de *nauwkeurigheid* van de integratie aan te geven, gebruikt u een zodanige display instelling, dat in de display *niet meer cijfers* getoond worden dan het aantal cijfers dat u *in de waarden van de integrand* nauwkeurig acht. Hetzelfde niveau van nauwkeurigheid wordt in het resultaat van de integratie gebruikt.

Als de display modus voor breuken is ingeschakeld (vlag 7 actief), wordt de nauwkeurigheid aangegeven door de vorige display instelling.

Nauwkeurigheid interpreteren

Na het berekenen van de integraal plaatst de calculator de geschatte *onzekerheid* van het resultaat van de integraal in het Y-register. Druk op [x≷y] om de waarde voor de onzekerheid te bekijken.

Als bijvoorbeeld 1,6054 ± 0.0001 het resultaat van de integraal $Si(2)$ is, is 0,0001 de onzekerheid van het resultaat.

Voorbeeld: nauwkeurigheid specificeren.

Bereken bij de display instelling SCI 2 de integraal in de uitdrukking voor $Si(2)$ (uit het vorige voorbeeld).

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[←] [DISP] {SC} 2	1,61E0	Stelt de wetenschappelijke notatie in twee decimalen in; hiermee specificeert u een nauwkeurigheid van twee decimalen.
[R↓] [R↓]	2,00E0	Schuift de integratiegrenzen van het Z- en T-register omlaag naar het X- en Y-register.
[→] [EQN]	SIN(X)÷X	Toont de huidige vergelijking.
[→] [∫] X	INTEGRATING ∫=1,61E0	De benadering van de integraal in twee decimalen.
[x≷y]	1,00E-3	De onzekerheid van de benadering van de integraal.

De integraal is 1,61±0,00100. Omdat de onzekerheid de benadering niet vóór de derde decimaal beïnvloedt, kunnen alle getoonde cijfers in deze benadering als nauwkeurig worden beschouwd.

Als de onzekerheid van een benadering groter is dan u wilt, kunt u het aantal cijfers in de display instelling groter maken en de integratie herhalen (hierbij geldt wel, dat $f(x)$ nauwkeurig berekend moet zijn in het aantal cijfers dat in de display wordt getoond). In het algemeen neemt de onzekerheid van een integratie met een factor tien af voor elk extra getal dat de display instelling aangeeft.

Voorbeeld: nauwkeurigheid veranderen.

Geef voor het resultaat van de zojuist berekende integraal van $Si(2)$ een nauwkeurigheid aan van vier decimalen in plaats van slechts twee.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↩ DISP {SC} 4	1,0000E-3	Geeft een nauwkeurigheid van vier decimalen. De onzekerheid van het vorige voorbeeld staat nog steeds in de display.
R↓ R↓	2,0000E0	Schuift de integratiegrenzen van het Z- en T-register omlaag naar het X- en Y-register.
↪ EQN	SIN(X)÷X	Toont de huidige vergelijking.
↪ ∫ X	INTEGRATING ∫=1,6054E0	Berekent het resultaat.
x≷y	1,0000E-5	U ziet dat de onzekerheid circa 100 keer zo klein is als de onzekerheid van het resultaat dat eerder met SCI 2 werd berekend.
↩ DISP {FX} 4	1,0000E-5	Herstelt de display instelling FIX 4.
↩ MODES {DEG}	1,0000E-5	Herstelt de Gradenmodus.

Deze onzekerheid geeft de *mogelijkheid* aan dat het resultaat slechts tot op vier decimalen juist is. In werkelijkheid is dit resultaat tot op *zeven* decimalen nauwkeurig als men het vergelijkt met de eigenlijke waarde van deze integraal. Omdat de onzekerheid van een resultaat behoudend berekend wordt, *is de benadering van de calculator in de meeste gevallen nauwkeuriger dan de onzekerheid aangeeft.*

Voor meer informatie

In dit hoofdstuk staan instructies voor het gebruik van de HP 32SII voor integraties bij een groot aantal toepassingen. In appendix D vindt u meer gedetailleerde informatie over algoritmes voor integratie, omstandigheden waarbij foutieve resultaten kunnen optreden of het berekenen meer tijd kost, en het toegang krijgen tot de huidige benadering van een integraal.

9

Bewerkingen met complexe getallen

De HP 32SII kan met complexe getallen van de volgende vorm werken:

$$x + yi \text{ of } x + iy$$

De calculator heeft mogelijkheden voor complex rekenen (+, −, ×, ÷), complexe trigonometrie (sin, cos, tan) en de wiskundige functies $-z$, $1/z$, $z_1^{z_2}$, ln z, en e^z (waarbij z_1 en z_2 complexe getallen zijn).

Een complex getal invoeren:

1. Type het *imaginaire* deel.
2. Druk op [ENTER].
3. Type het *reële* deel.

Met de HP 32SII voert u bij complexe getallen elk deel (imaginair en reëel) afzonderlijk in. Om twee complexe getallen in te voeren, voert u vier afzonderlijke getallen in. Bij een complexe bewerking drukt u eerst op [↰] [CMPLX] en daarna op de operator. Om bijvoorbeeld

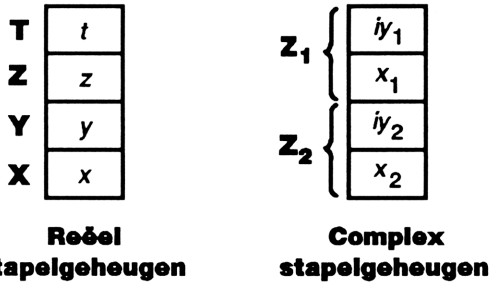
$$(2 + 4i) + (3 + 5i)$$

uit te voeren, drukt u op:
4 [ENTER] 2 [ENTER] 5 [ENTER] 3 [↰] [CMPLX] [+].

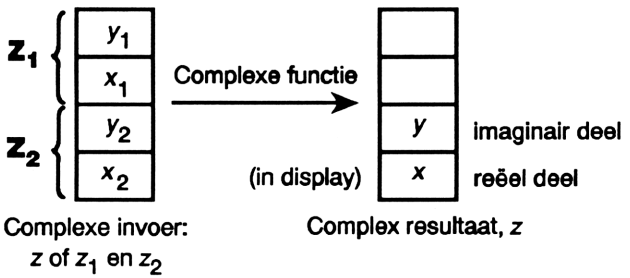
Het resultaat is $5 + 9i$. (Druk op [x⇄y] om het imaginaire deel te bekijken).

Het complexe stapelgeheugen

Het complexe stapelgeheugen is eigenlijk niets anders dan het gewone stapelgeheugen dat gesplitst is in twee dubbele registers voor het bewaren van twee complexe getallen, $z_{1x} + z_{1y}\ i$ en $z_{2x} + z_{2y}\ i$:



Omdat het imaginaire en reële deel van een complex getal afzonderlijk ingevoerd en opgeslagen worden, is het heel gemakkelijk de beide delen apart te gebruiken of te veranderen.



Voer altijd eerst het imaginaire deel (het y-deel)*van een getal in.* Het *reële* deel van het resultaat (z_x) wordt getoond; druk op [x≷y] om het imaginaire deel (z_y) te bekijken.

Complexe bewerkingen

Voer complexe bewerkingen op dezelfde manier uit als reële bewerkingen, maar druk vóór de operator eerst op ↰ CMPLX.

Een bewerking met één complex getal uitvoeren:

1. Voer het complexe getal z, bestaande uit $x + yi$, in door y ENTER x in te toetsen.
2. Kies de complexe functie:

Functies voor één complex getal, z

Berekening:	Druk op:
Teken wijzigen $-z$	↰ CMPLX +/–
Inverse, $1/z$	↰ CMPLX 1/x
Natuurlijke logaritme, ln z	↰ CMPLX LN
Exponentiële functie, e^z	↰ CMPLX e^x
Sin z	↰ CMPLX SIN
Cos z	↰ CMPLX COS
Tan z	↰ CMPLX TAN

Een rekenkundige bewerking met twee complexe getallen:

1. Voer het eerste complexe getal z_1 (bestaande uit $x_1 + y_1\, i$)in met y_1 ENTER x_1 ENTER. (Toets voor $z_1^{z_2}$, eerst het gedeelte met het grondtal, z_1, in.)
2. Voer het tweede complexe getal, z_2 in door y_2 ENTER x_2 in te toetsen. (Toets voor $z_1^{z_2}$ de exponent, z_2, als tweede in.)
3. Kies de rekenkundige bewerking:

Rekenkundige bewerkingen met twee complexe getallen, z_1 en z_2

Berekening:	Druk op:
Optellen, $z_1 + z_2$	↰ CMPLX +
Aftrekken, $z_1 - z_2$	↰ CMPLX −
Vermenigvuldigen, $z_1 \times z_2$	↰ CMPLX ×
Delen, $z_1 \div z_2$	↰ CMPLX ÷
Machtsverheffen, $z_1^{z_2}$	↰ CMPLX y^x

Voorbeelden:

Hieronder staan enkele voorbeelden van trigonometrische en rekenkundige bewerkingen met complexe getallen:

Bereken sin $(2 + 3i)$.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
3 ENTER 2 ↰ CMPLX SIN	9,1545	Reële deel van resultaat.
$x\rightleftarrows y$	−4,1689	Het resultaat is 9,1545 − 4,1689i.

Evalueer de uitdrukking

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

waarbij $z_1 = 23 + 13i$, $z_2 = -2 + i$, $z_3 = 4 - 3i$.

Omdat in het stapelgeheugen slechts twee complexe getallen tegelijkertijd kunnen staan, voert u de bewerking als volgt uit:

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

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
1 [ENTER] 2 [+/-] [ENTER] 3 [+/-] [ENTER] 4 [↶] [CMPLX] [+]	2,0000	Telt $z_2 + z_3$ op; toont reële deel.
[↶] [CMPLX] [1/x]	0,2500	$1 \div (z_2 + z_3)$.
13 [ENTER] 23 [↶] [CMPLX] [×]	2,5000	$z_1 \div (z_2 + z_3)$.
[x≷y]	9,0000	Het resultaat is $2{,}5 + 9i$.

Evalueer $(4 - 2/5i)\ (3 - 2/3i)$. Gebruik geen complexe bewerking als u slechts één deel van een complex getal berekent.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[.] 2 [.] 5 [+/-] [ENTER]	-0,4000	Voert het imaginaire deel van het eerste complexe getal als een breuk in.
4 [ENTER]	4,0000	Voert het reële deel van het eerste complexe getal in.
[.] 2 [.] 3 [+/-] [ENTER]	-0,6667	Voert het imaginaire deel van het tweede complexe getal als een breuk in.
3 [↶] [CMPLX] [×]	11,7333	Sluit het invoeren van het tweede getal af en vermenigvuldigt daarna de twee complexe getallen.
[x≷y]	-3,8667	Het resultaat is $11{,}7333 - 3{,}8667i$.

Bereken $e^{z^{-2}}$, waarbij $z = (1 + i)$. Gebruik [←] [CMPLX] [y^x] om z^{-2} te berekenen; voer -2 in als $-2 + 0i$.

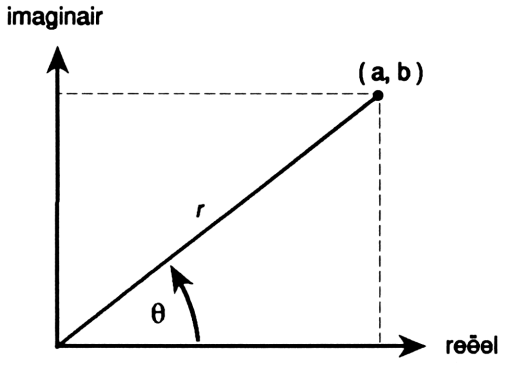
Toetsen:	Display:	Beschrijving:
1 [ENTER] 1 [ENTER] 0 [ENTER] 2 [+/-] [←] [CMPLX] [y^x]	0,0000	Tussentijds resultaat van $(1 + i)^{-2}$.
[←] [CMPLX] [e^x]	0,8776	Reële deel van het definitieve resultaat.
[x≷y]	-0,4794	Het definitieve resultaat is $0{,}8776 - 0{,}4794i$.

Werken met complexe getallen in polaire notatie

Veel toepassingen met reële getallen werken in *polaire* vorm of *phasor notatie*. Hierbij worden getalparen gebruikt, zoals bij complexe getallen, zodat u complexe bewerkingen kunt gebruiken voor bewerkingen met dit soort getallen. Omdat de complexe bewerkingen van de HP 32SII werken met getallen in *rechthoekige* vorm, moet u eerst de polaire vorm converteren naar een rechthoekige vorm (met [→] [→y,x]) voordat u de complexe bewerking uitvoert. Daarna converteert u het resultaat weer naar de polaire vorm.

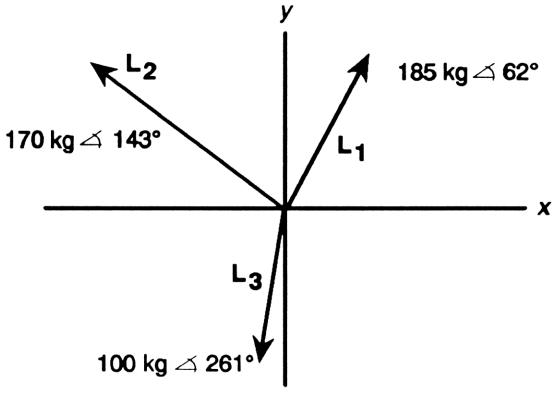
$$a + ib = r(\cos\theta + i\sin\theta) = re^{i\theta}$$

$$= r \angle \theta \quad \text{(polaire of phasor notatie)}$$



Voorbeeld: vectoren optellen.

Tel de volgende drie belastingen op. U moet eerst de polaire coördinaten converteren naar rechthoekige coördinaten.



Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ MODES {DG}		Stelt de Gradenmodus in.
62 ENTER 185 ↱ →y,x	86,8522	Voert $\mathbf{L}_1$ in en converteert deze naar de rechthoekige vorm.
143 ENTER 170 ↱ →y,x	-135,7680	Voert $\mathbf{L}_2$ in en converteert deze.
↰ CMPLX +	-48,9158	Telt de vectoren op.
261 ENTER 100 ↱ →y,x	-15,6434	Voert $\mathbf{L}_3$ in en converteert deze waarde.
↰ CMPLX +	-64,5592	Telt $\mathbf{L}_1 + \mathbf{L}_2 + \mathbf{L}_3$ op.
↰ →θ,r	178,9372	Converteert de vector weer naar de polaire vorm; toont r.
x≷y	111,1489	Toont θ.

10

Grondtalconversie en rekenkundige bewerkingen

Met het BASE menu (↰ BASE) kunt u het grondtal veranderen dat gebruikt wordt voor het invoeren van getallen en andere bewerkingen (inclusief programmeren). Door het grondtal te wijzigen, wordt ook het *getoonde getal* geconverteerd naar het nieuwe grondtal.

BASE menu

Menulabel	Beschrijving
{DEC}	*Decimale modus.* Geen indicator. Converteert getallen naar getallen met grondtal 10. De getallen bestaan uit een geheel gedeelte en een decimaal gedeelte.
{HX}	*Hexadecimale modus.* **HEX** indicator in display. Converteert getallen naar getallen met grondtal 16; gebruikt alleen gehele getallen. De toetsen op de bovenste rij geven de cijfers A tot en met F.
{OC}	*Octale modus.* **OCT** indicator in display. Converteert getallen naar getallen met grondtal 8; gebruikt alleen gehele getallen. De toetsen 8 en 9 en de functies van de bovenste toetsenrij die zonder shift-toets geactiveerd worden, zijn niet actief.
{BN}	*Binaire modus.* **BIN** indicator in display. Converteert getallen naar grondtal 2; gebruikt alleen gehele getallen. Alle toetsen behalve de toetsen 0 en 1 zijn niet actief. Dit geldt ook voor de functies van de bovenste toetsenrij die zonder shift-toets geactiveerd worden. Als een getal langer is dan 12 cijfers, zijn de buitenste toetsen van de bovenste rij (√x en Σ+) actief voor het bekijken van vensters. (Zie "Vensters voor lange binaire getallen" later in dit hoofdstuk.)

Voorbeelden: het grondtal van een getal converteren.

Met de volgende toetsaanslagen kunt u verschillende grondtalconversies uitvoeren.

Converteer $125{,}99_{10}$ naar hexadecimale, octale en binaire getallen.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
125,99 ↩ BASE {HX}	7D	Converteert alleen het gehele deel (125) van het decimale getal naar een getal met grondtal 16 en toont deze waarde.
↩ BASE {OC}	175	Grondtal 8.
↩ BASE {BN}	1111101	Grondtal 2.
↩ BASE {DEC}	125,9900	Herstelt grondtal 10; de oorspronkelijke decimale waarde is bewaard gebleven, inclusief het decimale deel.

Converteer $24FF_{16}$ naar een binair getal. Het binaire getal bestaat uit meer dan 12 cijfers (maximaal aantal in display).

↩ BASE {HX} 24FF	24FF_	Gebruik de Σ+ toets om "F" te typen.
↩ BASE {BN}	010011111111	Het binaire getal past niet in zijn geheel in de display. De ← indicator geeft aan dat het getal aan de linkerkant nog verder gaat; de ▮ indicator wijst naar √x.

[√x]	10	Toont de rest van het getal. Het volledige getal is 10010011111111_2.
[Σ+]	010011111111	Toont opnieuw de eerste 12 cijfers.
[←] [BASE] {DEC}	9.471,0000	Herstelt grondtal 10.

Rekenkundige bewerkingen met grondtal 2, 8 en 16

U kunt rekenkundige bewerkingen met [+], [−], [×] en [÷] bij elk grondtal uitvoeren. De enige functietoetsen die buiten de Decimale modus zijn uitgeschakeld, zijn: [√x], [e^x], [LN], [y^x], [1/x] en [Σ+]. Het is echter wel zo dat de meeste bewerkingen, behalve rekenkundige bewerkingen, geen zinnige resultaten opleveren omdat het breukgedeelte van getallen wordt weggelaten.

Rekenkundige bewerkingen met de grondtallen 2, 8 en 16 staan in de zogenaamde two's complement vorm en werken alleen met gehele getallen:

- Als een getal een breukgedeelte heeft, wordt alleen het gehele gedeelte gebruikt voor een rekenkundige bewerking.
- Het resultaat van een bewerking is altijd een geheel getal (eventueel breukgedeelte wordt weggelaten).

In tegenstelling tot conversie, waarbij alleen het getoonde getal, en niet het getal in het X-register verandert, wordt het getal in het X-register bij *rekenkundige bewerkingen wel* veranderd.

Als het resultaat van een bewerking niet in 36 bits weergegeven kan worden, verschijnt in de display de melding OVERFLOW en ziet u daarna het grootst mogelijke positieve of negatieve getal.

Voorbeelden:

Hieronder staan enkele voorbeelden van rekenkundige bewerkingen in Hexadecimale, Octale en Binaire modus:

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

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ BASE {HX}		Stelt grondtal 16 in; **HEX** indicator in display.
12F ENTER E9A +	FC9	Resultaat.

$$7760_8 - 4326_8 = ?$$

↰ BASE {OC}	7711	Stelt grondtal 8 in; **OCT** indicator in display. Converteert het getoonde getal naar een octaal getal.
7760 ENTER 4326 −	3432	Resultaat.

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

100 ENTER 5 ÷	14	Geheel gedeelte van het resultaat.

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

↰ BASE {HX} 5A0	5A0_	Stelt grondtal 16 in; **HEX** indicator in display.
↰ BASE {BN} 1001100	1001100_	Gaat over op grondtal 2; **BIN** indicator in display. Hiermee wordt de cijfermatige invoer beëindigd, zodat u tussen de getallen niet meer op ENTER hoeft te drukken.
+	101111101100	Het resultaat met binair grondtal.
↰ BASE {HX}	5EC	Het resultaat met hexadecimaal grondtal.
↰ BASE {DEC}	1.516,0000	Stelt opnieuw decimaal grondtal in.

De weergave van getallen

Hoewel een getal in de *display* bij het wijzigen van het grondtal verandert, blijft het in opgeslagen vorm ongewijzigd, zodat de decimalen niet wegvallen totdat ze bij rekenkundige bewerkingen gebruikt worden.

Als een getal als een hexadecimaal, octaal of binair getal wordt getoond, staat het rechts uitgelijnde gehele getal van maximaal 36 bits (12 octale cijfers of 9 hexadecimale cijfers) in de display. Voorafgaande nullen worden niet getoond, maar zijn wel belangrijk, omdat ze aangeven dat een getal positief is. Zo wordt bijvoorbeeld 125_{10} in binaire vorm weergegeven als:

1111101

dit staat gelijk aan de volgende 36 cijfers:

000000000000000000000000000001111101

Negatieve getallen

De meest linkse (meest significante of "hoogste") bit bij binaire weergave van een getal is de "teken-bit"; bij negatieve getallen is deze bit 1. Als er (niet getoonde) voorafgaande nullen zijn, is de teken-bit 0 (positief). Een negatief getal is het two's complement van het positieve binaire getal.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
546 ↩ BASE {HX}	222	Voert een positief decimaal getal in; converteert dit getal vervolgens naar een hexadecimaal getal.
+/-	FFFFFFDDE	Two's complement (teken is veranderd).
↩ BASE {BN}	110111011110	Binaire vorm; ← geeft aan dat er meer cijfers zijn.
√x √x	111111111111	Toont het meest linkse venster; het getal is negatief omdat de hoogste bit 1 is.
↩ BASE {DEC}	-546,0000	Negatief decimaal getal.

Getallenbereik

De woordgrootte van 36 bits bepaalt het getallenbereik dat bij een hexadecimaal (9 cijfers), octaal (12 cijfers) en binair grondtal (36 cijfers) weergegeven kan worden en het bereik van de decimale getallen (11 cijfers) die naar deze andere grondtallen geconverteerd kunnen worden.

Getallenbereik voor grondtalconversie

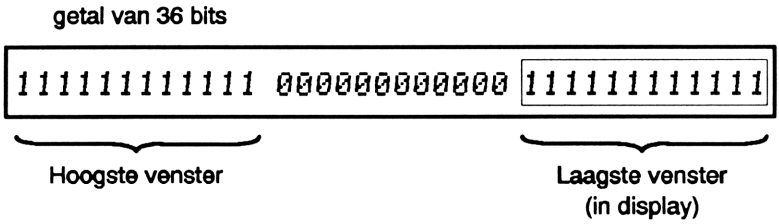
Grondtal	Grootste positieve gehele getal	Kleinste negatieve gehele getal
Hexadecimaal	7FFFFFFF	800000000
Octaal	377777777777	400000000000
Binair	01111111111111111 11111111111111111	10000000000000000 00000000000000000
Decimaal	34.359.738.367	−34.359.738.368

Als u getallen intoetst, accepteert de calculator niet meer dan het maximale aantal cijfers voor elk grondtal. Als u bijvoorbeeld een hexadecimaal getal van 10 cijfers probeert in te toetsen, wordt het invoeren van getallen onderbroken en verschijnt de ⚠ indicator.

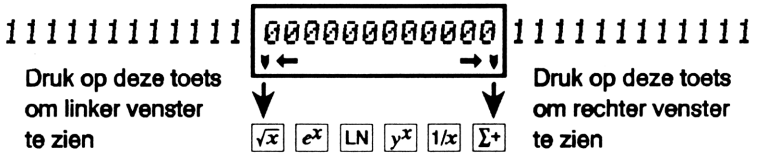
Als een getal dat met een decimaal grondtal is ingetoetst in een andere grondtalinstelling buiten het hierboven genoemde bereik valt, verschijnt de melding TOO BIG. Alle bewerkingen waarbij TOO BIG optreedt, hebben overflow tot gevolg, waardoor het te grote getal wordt vervangen door het grootst mogelijke negatieve of positieve getal.

Vensters voor lange binaire getallen

Het grootste binaire getal kan uit maximaal 36 cijfers bestaan—drie maal zoveel cijfers als in de display passen. Elke display met 12 cijfers van een lang getal wordt een *venster* genoemd.



Als een binair getal langer is dan 12 cijfers, verschijnt de ← of → indicator (of beide), waardoor wordt aangegeven aan welke kant de extra cijfers staan. Druk op de aangegeven toets ([√x] of [Σ+]) om het niet getoonde venster te bekijken.



Gedeeltelijk niet getoonde getallen bekijken met SHOW

De [→] [VIEW] en [←] [INPUT] functies werken met niet-decimale getallen op dezelfde manier als met decimale getallen. Maar als een octaal of binair getal niet in zijn geheel in de display past, worden de *meest linkse cijfers* vervangen door `....` Druk op [→] [SHOW] om de cijfers te bekijken die verborgen gaan achter de label `A=...` of `A?....`

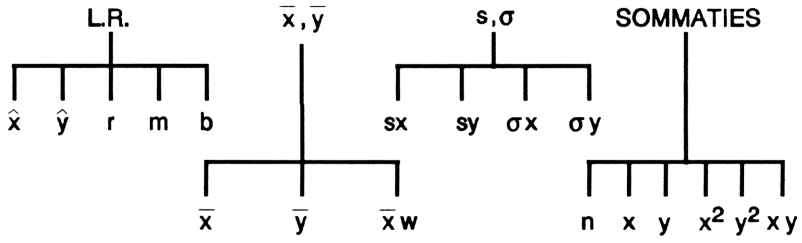
Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[←] [BASE] {OC} 123456712345	`23456712345_`	Voert een groot octaal getal in.
[STO] A	`123456712345`	
[→] [VIEW] A	`A=...456712345`	Laat de drie cijfers helemaal links wegvallen.
[→] [SHOW] (ingedrukt houden)	`123456712345`	Toont alle cijfers.
[←] [BASE] {DEC}	`11.219.473.637,0`	Herstelt Decimale modus.

11

Statistische bewerkingen

In de statistiekmenu's van de HP 32SII staan functies voor statistische analyse van gegevensverzamelingen met één of twee variabelen:

- Standaard deviatie van het gemiddelde, de steekproef en de populatie.
- Lineaire regressie en lineaire benadering ($\hat{x}$ en $\hat{y}$).
- Gewogen gemiddelde (x gewogen door y).
- sommatiestatistieken: n, Σx, Σy, Σx^2, Σy^2 en Σxy.



Statistische gegevens invoeren

Statistische gegevens met één en twee variabelen worden op gelijke wijze ingevoerd (of verwijderd) met de Σ+ (of ← Σ−) toets. De waarden van de gegevens worden als sommatiestatistieken verzameld in zes *statistiekregisters* (28 tot en met 33, waarvan de namen in het SUMS menu staan.
(Druk op → SUMS om n Σx Σy Σx² Σy² Σxy te zien).

Opmerking

Wis de statistiekregisters vóór het invoeren van een nieuwe verzameling statistische gegevens (druk op [↩] [CLEAR] {Σ}).

Gegevens met één variabele invoeren

1. Druk op [↩] [CLEAR] {Σ} om bestaande statistische gegevens te wissen.
2. Toets alle x-waarden in en druk op [Σ+].
3. In de display ziet u n, het aantal statistische gegevens dat op dit moment is verzameld.

Als u op [Σ+] drukt, voert u eigenlijk twee variabelen in de statistiekregisters in, omdat de waarde die reeds in het Y-register staat, verzameld wordt als de y-waarde. Hierdoor voert de calculator lineaire regressie uit en ziet u op y gebaseerde waarden; dit gebeurt ook als u alleen x-gegevens hebt ingevoerd en zelfs als u een ongelijk aantal x- en y-waarden hebt ingevoerd. Er treedt geen fout op, maar de resultaten zijn natuurlijk niet zinvol.

Als u een waarde *onmiddellijk na het invoeren* in de display wilt oproepen, drukt u op [↩] [LAST x].

Gegevens met twee variabelen invoeren

Als de statistische gegevens uit twee variabelen bestaan, is x de *onafhankelijke variabele* en y de *afhankelijke variabele*. Denk eraan dat u een (x, y) paar in *omgekeerde* volgorde invoert (y [ENTER] x) zodat y in het Y-register en x in het X-register komt.

1. Druk op [↩] [CLEAR] {Σ} om bestaande statistische gegevens te wissen.
2. Toets *eerst* de y-waarde in en druk dan op [ENTER].
3. Toets de bijbehorende x-waarde in en druk op [Σ+].
4. In de display ziet u n, het aantal statistische gegevensparen dat u verzameld hebt.
5. Ga verder met het invoeren van x,y-paren. n wordt bij elk ingevoerd paar verhoogd.

Als u een x-waarde *onmiddellijk na het invoeren* in de display wilt oproepen, drukt u op [↩] [LAST x].

Fouten bij het invoeren van gegevens corrigeren

Als u een fout maakt bij het invoeren van statistische gegevens, verwijdert u de onjuiste gegevens en voert u de juiste gegevens in. Ook als slechts één waarde van een x,y-paar onjuist is, moet u *beide* waarden verwijderen en opnieuw invoeren.

Statistische gegevens corrigeert u als volgt:

1. Voer de onjuiste gegevens opnieuw in, maar druk op [↩] [Σ-] in plaats van op [Σ+]. Hierdoor wordt (worden) de waarde(n) verwijderd en wordt n verminderd.
2. Voer de juiste waarde(n) in met [Σ+].

Als u de onjuiste waarden als laatste hebt ingevoerd, drukt u op [↩] [LAST x] om ze op te roepen in de display en vervolgens op [↩] [Σ-] om ze te verwijderen.
(De onjuiste y-waarde stond nog in het Y-register en de x-waarde was opgeslagen in het LAST X register.)

Voorbeeld:

Toets de x, y-waarden aan de linkerkant in en breng vervolgens de correcties, die aan de rechterkant staan, in.

Eerste x, y	Gecorrigeerde x, y
20, 4	20, 5
400, 6	40, 6

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[↩] [CLEAR] {Σ}		Wist bestaande statistische gegevens.
4 [ENTER] 20 [Σ+]	1,0000	Voert het eerste nieuwe gegevenspaar in.
6 [ENTER] 400 [Σ+]	2,0000	In de display geeft n het aantal ingevoerde gegevensparen aan.
[↩] [LAST x]	400,0000	Brengt de laatste x-waarde in de display. De laatste y staat nog in het Y-register. (Druk tweemaal op [$x\rightleftarrows y$] om y te bekijken.)
[↩] [Σ-]	1,0000	Verwijdert het laatste gegevenspaar.
6 [ENTER] 40 [Σ+]	2,0000	Voert het laatste gegevenspaar opnieuw in.
4 [ENTER] 20 [↩] [Σ-]	1,0000	Verwijdert het eerste gegevenspaar.
5 [ENTER] 20 [Σ+]	2,0000	Voert het eerste gegevenspaar opnieuw in. In totaal staan nog steeds twee gegevensparen in de statistiekregisters.

Statistische berekeningen

Nadat u de gegevens hebt ingevoerd, kunt u de functies in de statistiekmenu's gebruiken.

Statistiekmenu's

Menu	Toets	Beschrijving
L.R.	→ L.R.	Het menu voor lineaire regressie: lineaire benadering {x̂} {ŷ} en inpassen in een kromme {r} {m} {b}. Zie "Lineaire regressie" later in dit hoofdstuk.
$\bar{x},\bar{y}$	→ $\bar{x},\bar{y}$	Het menu voor het gemiddelde: {$\bar{x}$} {$\bar{y}$} {$\bar{x}_w$}. Zie "Gemiddelde" na deze tabel.
s,σ	→ s,σ	Het menu voor standaard deviatie: {s_x} {s_y} {σ_x} {σ_y}. Zie "Standaard deviatie van de steekproef" en "Standaard deviatie van de populatie" later in dit hoodstuk.
SUMS	→ SUMS	Het sommatiemenu: {n} {Σx} {Σy} {Σx^2} {Σy^2} {Σxy}. Zie "Sommatiestatistieken" later in dit hoofdstuk.

Gemiddelde

Het gemiddelde is het rekenkundig gemiddelde van een groep getallen.

- Druk op → $\bar{x},\bar{y}$ {$\bar{x}$} voor het gemiddelde van de x-waarden.
- Druk op → $\bar{x},\bar{y}$ {$\bar{y}$} voor het gemiddelde van de y-waarden.
- Druk op → $\bar{x},\bar{y}$ {$\bar{x}_w$} voor het *gewogen* gemiddelde van de x-waarden, waarbij de y-waarden als gewichten of frequenties gebruikt worden. Een gewicht kan een geheel of niet-geheel getal zijn.

Voorbeeld: gemiddelde (één variabele).

Produktiechef Carla Willemse wil de gemiddelde tijdsduur van een bepaalde bewerking berekenen. Ze kiest zes willekeurige mensen uit, observeert elke persoon bij het uitvoeren van de bewerking en legt de benodigde tijd vast (in minuten):

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

Bereken het gemiddelde van de verschillende tijden. (Beschouw alle gegevens als x-waarden.)

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[↰] [CLEAR] {Σ}		Wist de statistiekregisters.
15.5 [Σ+]	1,0000	Voert de eerste tijd in.
9.25 [Σ+] 10 [Σ+] 12.5 [Σ+] 12 [Σ+] 8.5 [Σ+]	6,0000	Voert de overige gegevens in; er zijn zes gegevenspunten verzameld.
[↱] [x̄,ȳ] {x̄}	11,2917	Berekent de gemiddelde tijd voor het voltooien van de bewerking.

Voorbeeld: gewogen gemiddelde (twee variabelen).

Een produktiebedrijf koopt viermaal per jaar een bepaald onderdeel. De aankopen van vorig jaar waren:

Prijs per onderdeel (x)	*f*4,25	*f*4,60	*f*4,70	*f*4,10
Aantal onderdelen (y)	250	800	900	1000

Bereken de gemiddelde prijs voor dit onderdeel (gewogen door de gekochte hoeveelheid). Denk eraan dat u y, het gewicht (de frequentie), vóór x, de prijs, invoert.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↩ CLEAR {Σ}		Wist de statistiekregisters.
250 ENTER 4.25 Σ+	1,0000	Voert gegevens in; toont n.
800 ENTER 4.6 Σ+	2,0000	
900 ENTER 4.7 Σ+	3,0000	
1000 ENTER 4.1 Σ+	4,0000	Vier gegevensparen verzameld.
→ $\bar{x},\bar{y}$ {Σw}	4,4314	Berekent de gemiddelde prijs, gewogen door de gekochte hoeveelheid.

Standaard deviatie van de steekproef

Met de standaard deviatie van de steekproef wordt gemeten hoe de gegevenswaarden verspreid zijn ten opzichte van het gemiddelde. Bij standaard deviatie wordt ervan uitgegaan dat de gegevens een steekproef zijn van een grotere, volledige gegevensverzameling; bij het berekenen van de deviatie wordt $n-1$ als deler gebruikt.

- Druk op → s,σ {Σx} voor de standaard deviatie van de x-waarden.
- Druk op → s,σ {Σy} voor de standaard deviatie van de y-waarden.

De {σx} en {σy} toetsen in dit menu worden beschreven in de volgende paragraaf, "Standaard deviatie van de populatie".

Voorbeeld: standaard deviatie van de steekproef.

Met dezelfde tijden als in het voorbeeld in de paragraaf "Gemiddelde", wil Carla Willemse nu de standaard deviatie van de tijd (s_x) voor de bewerking berekenen:

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

Bereken de standaard deviatie van de tijden. (Beschouw alle gegevens als x-waarden.)

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ CLEAR {Σ}		Wist de statistiekregisters.
15.5 Σ+	1,0000	Voert de eerste tijd in.
9.25 Σ+ 10 12.5 Σ+ 12 Σ+ 8.5 Σ+ Σ+	6,0000	Voert de overige gegevens in; zes gegevenspunten ingevoerd.
↱ s,σ {s×}	2,5808	Berekent de standaard deviatie van de tijd.

Standaard deviatie van de populatie

Met de standaard deviatie van de populatie wordt gemeten hoe de gegevenswaarden verspreid zijn ten opzichte van het gemiddelde. Bij standaard deviatie van de populatie wordt ervan uitgegaan dat de gegevens een *volledige* gegevensverzameling vormen; bij het berekenen van de deviatie wordt n als deler gebruikt.

- Druk op ↱ s,σ {σ×} voor de standaard deviatie van de populatie van de x-waarden.
- Druk op ↱ s,σ {σy} voor de standaard deviatie van de populatie van de y-waarden.

Voorbeeld: standaard deviatie van de populatie.

Oma Dijkstra heeft vier volwassen zonen die respectievelijk 170, 173, 174 en 180 cm lang zijn. Bereken de standaard deviatie van de populatie voor de lengte.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ CLEAR {Σ}		Wist de statistiekregisters.
170 Σ+ 173 Σ+	2,0000	Voert de gegevens in.
174 Σ+ 180 Σ+	4,0000	Er zijn vier gegevenspunten verzameld.
↱ s,σ {σx}	3,6315	Berekent de standaard deviatie van de populatie.

Lineaire regressie

Lineaire regressie, L.R. (ook wel *lineaire benadering* genoemd) is een statistische methode voor het berekenen van de rechte lijn die het best door een verzameling van x,y-gegevens getrokken kan worden.

Opmerking

Om een STAT ERROR melding te voorkomen, moeten de gegevens worden ingevoerd *voordat* u een functie uit het L.R. menu uitvoert.

L.R. (Lineaire regressie) menu

Menulabel	Beschrijving
{x̂}	Schat (voorspelt) x voor een gegeven hypothetische waarde van y, gebaseerd op de berekende lijn door de gegevens.
{ŷ}	Schat (voorspelt) y voor een gegeven hypothetische waarde van x, gebaseerd op de berekende lijn door de gegevens.
{r}	Correlatie-coëfficiënt voor de (x,y) gegevens. De correlatie-coëfficiënt is een getal tussen -1 en $+1$ dat aangeeft hoe dicht de berekende lijn de gegevens benadert.
{m}	Helling van de berekende lijn.
{b}	Snijpunt met de y-as van de berekende lijn.

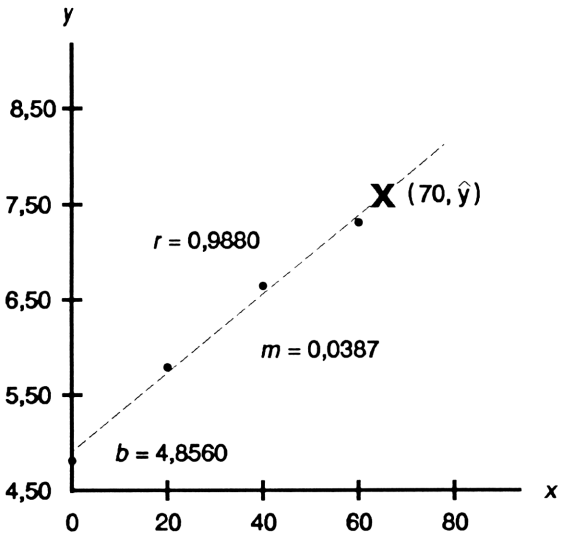
- Toets voor het vinden van een geschatte waarde voor x (of y), een gegeven hypothetische waarde voor y (of x)in en druk vervolgens op (↗) (L.R.) {x̂} (of (↗) (L.R.) {ŷ}).
- Om de lijn te berekenen die het beste bij uw gegevens past, drukt u op (↗) (L.R.) gevolgd door {r}, {m} of {b}.

Voorbeeld: inpassen in een kromme.

De opbrengst van een nieuwe rijstsoort is afhankelijk van de hoeveelheid stikstof waarmee de rijst bemest wordt. Bepaal de lineaire relatie voor de volgende gegevens: de correlatie-coëfficiënt, de helling en het snijpunt met de y-as.

X, gebruikte stikstof (kg per hectare)	0,00	20,00	40,00	60,00	80,00
Y, opbrengst (metrische ton per hectare)	4,63	5,78	6,61	7,21	7,78

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ CLEAR {Σ}		Wist alle vorige statistische gegevens.
4.63 ENTER 0 Σ+	1,0000	Voert gegevens in; toont *n*.
5.78 ENTER 20 Σ+	2,0000	
6.61 ENTER 40 Σ+	3,0000	
7.21 ENTER 60 Σ+	4,0000	
7.78 ENTER 80 Σ+	5,0000	Vijf gegevensparen ingevoerd.
↱ L.R.	x̂ ŷ r m b	Toont het menu voor lineaire regressie.
{r}	0,9880	Correlatie-coëfficiënt; de gegevens vormen een goede benadering van een rechte lijn.
↱ L.R. {m}	0,0387	Helling van de lijn.
↱ L.R. {b}	4,8560	Snijpunt met de *y*-as.



Wat gebeurt er als er op het rijstveld 70 kg stikstofmest gebruikt wordt? Voorspel de opbrengst op basis van de bovenstaande statistieken.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
70	70_	Voert hypothetische x-waarde in.
[→] [L.R.] {ŷ}	7,5615	De voorspelde opbrengst in ton per hectare.

Beperkingen van de nauwkeurigheid van gegevens

Omdat de calculator met een beperkte nauwkeurigheid (12 tot 15 cijfers) werkt, gelden er voor de berekeningen bepaalde beperkingen, doordat getallen afgerond moeten worden. Hieronder worden twee voorbeelden besproken.

Het normaliseren van grote getallen die dicht bij elkaar liggen

Het is mogelijk dat de calculator de standaard deviatie en de lineaire regressie niet kan berekenen voor een variabele waarvan de gegevenswaarden relatief weinig verschillen. Om dit te voorkomen, normaliseert u de gegevens door elke waarde in te voeren als het verschil met één centrale waarde (zoals het gemiddelde). Voor genormaliseerde x-waarden moet dit verschil weer toegevoegd worden aan de berekening van $\bar{x}$ en $\hat{x}$, en moeten ook $\hat{y}$ en b aangepast worden. Als bijvoorbeeld de x-waarden 7776999, 7777000 en 7777001 zijn, voert u de gegevens in als -1, 0, en 1; vervolgens voegt u 7777000 weer toe aan $\bar{x}$ en $\hat{x}$. Voor b voegt u 7777000 $\times$ m toe. Let er bij het berekenen van $\hat{y}$ op dat u een x-waarde geeft die kleiner is dan 7777000.

Vergelijkbare onnauwkeurigheden kunnen optreden als de x- en y-waarde zeer verschillend in grootte zijn. Ook dan kunt u dit probleem vermijden door de gegevens te schalen.

Effect van verwijderde gegevens

Als u ↰ Σ- uitvoert, worden eventuele afrondingsfouten die in de statistiekregisters zijn gegenereerd door de oorspronkelijke gegevenswaarden, niet verwijderd. Dit verschil is niet ernstig, tenzij de onjuiste gegevens in vergelijking tot de correcte gegevens buitengewoon groot zijn; in een dergelijk geval is het verstandig alle gegevens te wissen en opnieuw in te voeren.

Sommatiewaarden en de statistiekregisters

De statistiekregisters zijn zes unieke geheugenplaatsen waarin de verzamelingen van de zes sommatiewaarden worden opgeslagen.

Sommatiestatistieken

Als u op ↱ SUMS drukt, krijgt u toegang tot de inhoud van de statistiekregisters:

- Druk op {n} om het aantal gegevensverzamelingen op te roepen.
- Druk op {Σx} om de som van de x-waarden op te roepen.
- Druk op {Σy} om de som van de y-waarden op te roepen.
- Druk op {Σx^2}, {Σy^2} en {Σxy} om de sommen van de kwadraten en de som van de produkten van de x- en y-waarden op te roepen, die van belang zijn voor het uitvoeren van andere statistische bewerkingen die niet in de calculator zijn ingebouwd.

Als u de statistische gegevens hebt ingevoerd, kunt u de inhoud van de statistiekregisters zien. Druk op ↰ MEM {VAR} en gebruik vervolgens ↰ ▲ en ↰ ▼ om de statistiekregisters te bekijken.

Voorbeeld: de statistiekregisters bekijken.

Gebruik [Σ+] om de gegevensparen (1,2) en (3,4) in de statistiekregisters op te slaan. Bekijk daarna de opgeslagen statistische waarden.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[↰] [CLEAR] {Σ}		Wist de statistiekregisters.
2 [ENTER] 1 [Σ+]	1,0000	Slaat het eerste gegevenspaar (1,2) op.
4 [ENTER] 3 [Σ+]	2,0000	Slaat het tweede gegevenspaar (3,4) op.
[↰] [MEM] {VAR} [↰] [▲]	Σxy=14,0000	Toont de VAR catalogus en daarna het Σxy register.
[↰] [▲]	Σy²=20,0000	Toont het Σy^2 register.
[↰] [▲]	Σx²=10,0000	Toont het Σx^2 register.
[↰] [▲]	Σy=6,0000	Toont het Σy register.
[↰] [▲]	Σx=4,0000	Toont het Σx register.
[↰] [▲]	n=2,0000	Toont het n register.
[C]	2,0000	Verlaat de VAR catalogus.

De statistiekregisters in het calculatorgeheugen

De geheugenruimte (48 bytes) voor de statistiekregisters wordt automatisch toegewezen (indien nog niet aanwezig) wanneer u op [Σ+] of [Σ-] drukt. De registers worden verwijderd en het geheugen weer vrijgemaakt als op [↰] [CLEAR] {Σ} drukt.

Als de calculator niet genoeg geheugenruimte beschikbaar heeft voor de statistiekregisters wanneer u voor het eerst op [Σ+] (of [Σ-]) drukt, verschijnt de melding MEMORY FULL. Voordat u statistische gegevens kunt invoeren, moet u variabelen, vergelijkingen of programma's (of een combinatie hiervan) wissen om ruimte te maken voor de statistiekregisters. Raadpleeg "Het geheugen van de calculator beheren" in appendix B.

Toegang krijgen tot de statistiekregisters

In de volgende tabel staan de toewijzingen van de statistiekregisters in de HP 32SII.

Statistiekregisters

Register	Nummer	Beschrijving
n	28	Aantal verzamelde gegevensparen.
Σx	29	Som van de verzamelde x-waarden.
Σy	30	Som van de verzamelde y-waarden
Σx^2	31	Som van de kwadraten van de verzamelde x-waarden.
Σy^2	32	Som van de kwadraten van de verzamelde y-waarden.
Σxy	33	Som van de produkten van de verzamelde x- en y-waarden.

U kunt een statistiekregister met een sommatie opslaan door het nummer van het gewenste register (28 tot en met 33) op te slaan in i (*nummer* STO (i)) en vervolgens de sommatie op te slaan (*waarde* STO (i)). Zo kunt u ook op ▶ VIEW (i) drukken om een waarde uit een register te bekijken; in de display staat een label met de naam van het register. In het SUMS menu staan functies voor het oproepen van de waarden uit de registers. Zie voor meer informatie "Variabelen en labels indirect adresseren" in hoofdstuk 13.

Deel 2

Programmeren

12

Eenvoudige programma's

In deel 1 van deze handleiding werden functies en bewerkingen uitgelegd die u *met de hand* kunt uitvoeren; u drukt dan voor elke afzonderlijke bewerking op een toets. Ook zag u hoe u vergelijkingen kunt gebruiken om bewerkingen te herhalen zonder steeds alle toetsaanslagen uit te voeren.

In deel 2 krijgt u instructies voor het gebruiken van *programma's* voor herhalende bewerkingen—bewerkingen waarbij veel van invoer en uitvoer verlangd wordt of waarbij meer gecompliceerde logica gebruikt wordt. Met behulp van een programma kunt u bewerkingen en berekeningen herhalen op een manier die u zelf kiest.

In dit hoofdstuk leert u hoe u een reeks bewerkingen programmeert. In het volgende hoofdstuk, "Programmeertechnieken", krijgt u informatie over subroutines en conditionele instructies.

Voorbeeld: een eenvoudig programma.

Voor het berekenen van de oppervlakte van een cirkel met een straal van 5, gebruikt u de formule $O = \pi r^2$ en drukt u op

5 [R↓] [x^2] [R↑] [π] [×] om het resultaat voor deze cirkel te krijgen: 78,5398.

Maar wat doet u als u de oppervlakte van een groot aantal verschillende cirkels wilt berekenen? In plaats van de bovenstaande toetsaanslagen steeds te herhalen (waarbij alleen de 5 voor de straal vervangen wordt), kunt u ook de steeds gebruikte toetsaanslagen in een programma opnemen:

```
001 x²
002 π
003 ×
```

Bij dit zeer eenvoudige programma wordt ervan uitgegaan dat de waarde voor de straal in het X-register staat als het programma wordt

gestart. Het programma berekent de oppervlakte en plaatst deze waarde in het X-register.

Om dit programma in te voeren in het programmageheugen gaat u als volgt te werk:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[f] [CLEAR] {ALL} {Y}		Wist het geheugen.
[f] [PRGM]		Activeert de Programmamodus (**PRGM** indicator in display).
[f] [GTO] . .	PRGM TOP	Plaatst programmacursor op PRGM TOP.
[f] [x^2]	001 $\times^2$	$(\text{Straal})^2$
[g] [π]	002 π	
[×]	003 ×	Oppervlakte $= \pi x^2$
[f] [PRGM]		Verlaat Programmamodus.

Probeer dit programma uit te voeren om de oppervlakte van een cirkel met een straal van 5 te berekenen:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[f] [GTO] . .		Hiermee gaat u naar het begin van het programma.
5 [R/S]	78,5398	Het resultaat!

Het bovenstaande voorbeeld voor de oppervlakte van een cirkel wordt hierna steeds gebruikt om uitgangspunten en methoden bij het programmeren te verduidelijken.

Een programma ontwerpen

In de volgende paragrafen wordt uitgelegd welke instructies u in een programma kunt gebruiken. De inhoud van een programma bepaalt hoe het programma er uitziet als u het bekijkt en hoe het werkt als u het uitvoert.

Programmabegrenzingen (LBL en RTN)

Als u meer dan één programma wilt opslaan in het programmageheugen, moet u het programma voorzien van een *label* om het begin aan te geven (zoals A01 LBL A) en een *Return* om het einde aan te geven (zoals A05 RTN).

Let erop dat bij het regelnummer een A staat, die verwijst naar de bijbehorende label.

Programmalabels

Programma's en segmenten van programma's (*routines*) moeten beginnen met een label. Om een label te bepalen, drukt u op:

↩ LBL *lettertoets*

De label wordt gebruikt als identificatie voor het uitvoeren van een bepaald programma of een bepaalde routine. De label bestaat uit één letter tussen A en Z. De lettertoetsen worden op dezelfde manier gebruikt als bij variabelen (zoals besproken in hoofdstuk 3). U kunt hetzelfde label slechts één keer gebruiken (anders krijgt u de melding DUPLICAT.LBL), maar een label kan wel een letter hebben die ook voor een variabele wordt gebruikt.

Er kan één programma zonder label in het geheugen staan (het eerste programma). Maar aangrenzende programma's moeten gescheiden worden door een label om ze uit elkaar te kunnen houden.

Nummers van programmaregels

De regelnummers worden voorafgegaan door de letter van de label, zoals A01. Als een routine van één label uit meer dan 99 regels bestaat, komt in het regelnummer in plaats van het meest linkse cijfer een decimale punt, bijvoorbeeld A.01 voor regel 101 in label A. Bij meer dan 199 regels wordt een decimale komma gebruikt voor het regelnummer, bijvoorbeeld A,01 voor regel 201.

Return aan het einde van programma's

Programma's en subroutines moeten eindigen met de instructie Return. U gebruikt de volgende toetsaanslagen:

(→) (RTN)

Nadat een programma is uitgevoerd, plaatst de laatste RTN instructie de programmacursor weer op PRGM TOP, het begin van het programmageheugen.

RPN en vergelijkingen gebruiken in programma's

U kunt berekeningen in programma's op dezelfde wijze uitvoeren als berekeningen met het toetsenbord:

- Met RPN bewerkingen (waarbij het stapelgeheugen gebruikt wordt, zoals beschreven in hoofdstuk 2).
- Met vergelijkingen (zoals beschreven in hoofdstuk 6).

In het vorige voorbeeld is een reeks *RPN bewerkingen* gebruikt om de oppervlakte van een cirkel te berekenen. In plaats hiervan kunt u ook een *vergelijking* gebruiken in het programma. (Later in dit hoofdstuk ziet u hiervan een voorbeeld.) Veel programma's zijn een combinatie van RPN *en* vergelijkingen, zodat de voordelen van beide mogelijkheden worden benut.

Voordelen van RPN bewerkingen	Voordelen van vergelijkingen
Gebruiken minder geheugen. Worden iets sneller uitgevoerd.	Zijn gemakkelijker in te voeren en te lezen. Vragen automatisch om invoer.

Wanneer een programma een regel uitvoert waar een vergelijking in staat, wordt de vergelijking op dezelfde wijze opgelost als een vergelijking uit de Vergelijkingenlijst die met (XEQ) wordt opgelost. Bij de evaluatie van een programma wordt "=" in een vergelijking in principe geïnterpreteerd als "–". (Er is bij het programmeren geen equivalent voor (ENTER) in een vergelijking van het type toekenning; de enige mogelijkheid is de vergelijking invoeren als een uitdrukking en de waarde vervolgens met STO opslaan in een variabele).

Voor beide types van bewerkingen kunt u RPN instructies gebruiken om de invoer, de uitvoer en het verloop van het programma te besturen.

Gegevens in- en uitvoeren

Voor programma's waarbij meer dan eenmaal gegevens worden ingevoerd of uitgevoerd, kunt u bepalen hoe het programma de informatie moet in- of uitvoeren.

Voor het invoeren kunt u met de INPUT instructie om een variabele vragen, een vergelijking om de bijbehorende variabelen laten vragen of waarden gebruiken die eerder in het stapelgeheugen zijn ingevoerd.

Voor het uitvoeren van gegevens kunt u een variabele tonen met de VIEW instructie, een melding in de vorm van een vergelijking tonen of ongemarkeerde waarden in het stapelgeheugen laten staan.

Dit wordt later in dit hoofdstuk besproken onder "Gegevens invoeren en tonen".

Een programma invoeren

(↰) (PRGM) werkt als een schakelaar voor het in- en uitschakelen van de Programmamodus en de **PRGM** indicator. Toetsaanslagen in de Programmamodus worden in het geheugen opgeslagen als programmaregels. Elke instructie en elk getal beslaat één programmaregel; het aantal programmaregels in een programma is onbeperkt (bij voldoende geheugenruimte).

Een programma invoeren in het geheugen:

1. Druk op (↰) (PRGM) om de Programmamodus te activeren.
2. Druk op (↰) (GTO) (.) (.) om PRGM TOP te laten verschijnen. Hiermee komt de *programmacursor* op een bekende plaats te staan, vóór alle andere programma's. Als u programmaregels invoert, worden ze *vóór* alle andere programmaregels geplaatst.

   Als u geen andere programma's uit het geheugen nodig hebt, wist u het geheugen door op (↰) (CLEAR) {PGM} te drukken. Om te

bevestigen dat u *alle* programma's wilt verwijderen, drukt u op {Y} na de melding CL PGMS? Y N.

3. Geef het programma een *label*, bestaande uit één letter tussen A en Z. Druk op ↰ (LBL) *letter*. Kies een letter die de inhoud van een programma aangeeft, bijvoorbeeld "A" voor "afstand".

   Gebruik een andere letter als u de melding DUPLICAT.LBL (letter reeds in gebruik) ziet. In plaats daarvan kunt u ook het bestaande programma wissen—druk op ↰ (MEM) {PGM}, gebruik ↰ ▲ of ↰ ▼ om de label te zoeken en druk op ↰ (CLEAR) en (C).

4. Om bewerkingen met de calculator vast te leggen als instructies in een programma, gebruikt u dezelfde toetsaanslagen als bij het handmatig uitvoeren van een bewerking. Denk eraan dat veel functies niet op het toetsenbord staan, maar via menu's gebruikt moeten worden. Zie de onderstaande instructies voor het invoeren van een vergelijking in een programmaregel.

5. Beëindig het programma met een *Return* instructie, zodat de programmacursor na het uitvoeren van het programma weer op PRGM TOP geplaatst wordt. Druk op ↱ (RTN).

6. Druk op (C) (of ↰ (PRGM)) om het invoeren van een programma te annuleren.

Getallen in programmaregels worden opgeslagen met de nauwkeurigheid waarmee u ze invoert, en worden getoond in de ALL of SCI notatie. (Als een lang getal niet helemaal in de display past, kunt u met ↱ (SHOW) alle cijfers bekijken.)

Een vergelijking invoeren in een programmaregel:

1. Druk op ↱ (EQN) om de Vergelijkingenmodus te activeren. De **EQN** indicator verschijnt in de display.

2. Voer de vergelijking op dezelfde wijze in als bij de Vergelijkingenlijst. Zie hoofdstuk 6 voor gedetailleerde informatie. Gebruik ◀ om fouten bij het typen te corrigeren.

3. Druk op (ENTER) om de vergelijking te beëindigen en de linkerzijde te tonen. (De vergelijking wordt *niet* opgenomen in de Vergelijkingenlijst.)

Nadat u een vergelijking hebt ingevoerd, kunt u met [→] [SHOW] de checksum en de lengte bekijken. Houd de [SHOW] toets ingedrukt om de waarden in de display te houden.

Bij een lange vergelijking geven de → en ▼ indicators aan dat voor deze programmaregel de display verschoven kan worden. Met [Σ+] en [√x] kunt de display verschuiven. Druk op [→] [SCRL] om ▼ uit te schakelen, zodat u de toetsen van de bovenste rij kunt gebruiken voor het invoeren van instructies.

Toetsen om te wissen

Bij het invoeren van een programma gelden de volgende speciale condities:

- [C] annuleert altijd het invoeren van een programma. Getallen worden niet gewist en vervangen door nul.
- Als er geen vergelijking in een programmaregel staat, wist [←] de huidige programmaregel. Bij het invoeren van een getal ("_" cursor in de display) wordt alleen het vorige cijfer gewist.
- Als er een vergelijking in de programmaregel staat, wordt met [←] het wijzigen van de vergelijking gestart. Tijdens het invoeren van een vergelijking ("▮" cursor in de display) wordt de functie of variabele die het meest rechts staat, gewist.
- [←] [CLEAR] {EQN} wist een programmaregel als er een vergelijking in staat.
- Gebruik [←] [CLEAR] {x} om een functie te programmeren die het X-register wist.

Functienamen in programma's

De naam van een functie die gebruikt wordt in een programmaregel is *niet* altijd gelijk aan de naam die de functie op de toets, in het menu of in een vergelijking heeft. De naam die in een programma gebruikt wordt, is meestal langer dan de naam die op een toets of in een menu past. Deze langere naam verschijnt even in de display als u de functie uitvoert; zolang u de toets ingedrukt houdt, blijft de naam in de display staan.

Voorbeeld: een programma met een label invoeren.

Met de volgende toetsaanslagen verwijdert u het vorige programma voor de oppervlakte van een cirkel en voert u een nieuw programma in met een label en de instructie Return. Als u bij het invoeren een vergissing maakt, drukt u op ⬅ om de huidige programmaregel te verwijderen, en voert u vervolgens de juiste programmaregel in.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ PRGM		Activeert de Programmamodus (**PRGM** in display).
↰ CLEAR {PGM} {Y}	PRGM TOP	Wist het gehele programmageheugen.
↰ LBL O	001 LBL O	Voorziet deze programmaroutine van de label O (voor "oppervlakte").
↰ x^2 ↱ π ×	002 x^2 003 π 004 ×	Voert de drie programmaregels in.
↱ RTN	005 RTN	Beëindigt het programma.
↰ MEM {PGM}	LBL O 007,5	Toont de label O en de lengte van het programma in bytes.
↱ SHOW	CK=0FA0 007,5	Checksum en lengte van het programma.
C C		Schakelt het invoeren van een programma uit (**PRGM** indicator uit display).

Als u een andere checksum krijgt, hebt u de vergelijking niet op exact dezelfde wijze ingevoerd als hier is aangegeven.

Voorbeeld: een programma met een vergelijking invoeren.

Met het volgende programma berekent u de oppervlakte van een cirkel met behulp van een vergelijking in plaats van met RPN bewerkingen, zoals in het vorige programma.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ PRGM ↰ GTO · ·	PRGM TOP	Activeert de Programmamodus; plaatst de cursor aan het begin van het geheugen.
↰ LBL V	V01 LBL V	Geeft deze programmaroutine de label V (voor "vergelijking").
STO R	V02 STO R	Slaat de straal op in de variabele *R*.
↱ EQN ↱ π × RCL R y^x 2 ENTER	V03 π×R^2	Kiest de Vergelijkingenmodus; voert de vergelijking in en gaat weer terug naar de Programmamodus.
↱ SHOW	CK=E3FD 009,0	Checksum en lengte van de vergelijking.
↱ RTN	V04 RTN	Beëindigt het programma.
↰ MEM {PGM}	LBL V 013,5	Toont de label V en de lengte van het programma in bytes.
↱ SHOW	CK=2579 013,5	Checksum en lengte van het programma.
C C		Schakelt het invoeren van een programma uit.

Een programma uitvoeren

Bij het starten of *uitvoeren* van een programma mag de Programmamodus niet actief zijn (geen nummers van programmaregels of **PRGM** in display). Als u op C drukt, wordt de Programmamodus geannuleerd.

Een programma uitvoeren (XEQ)

Druk op [XEQ] *label* om het programma met deze label uit te voeren. Als er slechts één programma in het geheugen staat, kunt u het ook uitvoeren door op [←] [GTO] [.] [.] [R/S] (*run/stop*) te drukken. Tijdens de uitvoering van het programma knippert de **PRGM** indicator in de display.

Voer zo nodig de gegevens in voordat u het programma uitvoert.

Voorbeeld:

Voer de programma's met de labels O en V uit om de oppervlakten te berekenen van drie verschillende cirkels met een straal van respectievelijk 5, 2,5 en 2π. Vergeet niet de straal in te voeren voordat u O of V uitvoert.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
5 [XEQ] O	RUNNING 78,5398	Voert de straal in, en start het programma O. De berekende oppervlakte wordt getoond.
2.5 [XEQ] V	19,6350	Berekent de oppervlakte van de tweede cirkel met het programma V.
2 [→] [π] [×] [XEQ] O	124,0251	Berekent de oppervlakte van de derde cirkel.

Een programma testen

Als u weet dat er een fout in een programma zit, maar niet precies waar, is het stap voor stap uitvoeren van een programma een goede methode om het programma te testen. Ook is het vaak nuttig een lang of gecompliceerd programma te testen voor u het uitvoert. Als u een programma stap voor stap uitvoert, kunt u na elke programmaregel het resultaat zien, zodat u kunt nagaan wat er gebeurt met bekende gegevens waarvan ook de juiste resultaten bekend zijn.

1. Zorg er evenals bij de normale uitvoering van een programma voor, dat de Programmamodus niet actief is (**PRGM** indicator niet in display).

2. Druk op [f] [GTO] *label* om de programmacursor aan het begin van het programma te zetten (bij de LBL instructie). Met de GTO instructie verplaatst u de programmacursor zonder het programma te starten. (Als het programma het eerste of enige programma is, kunt u op [f] [GTO] [.] [.] drukken om naar het begin te gaan.)

3. Druk op [f] [▼] en houd deze toetsen ingedrukt. Hiermee toont u de huidige programmaregel. Als u [▼] loslaat, wordt de regel uitgevoerd. Vervolgens wordt het resultaat van de regel getoond (staat in het X-register).

   Als u naar de *voorafgaande* regel wilt gaan, drukt u op [f] [▲]. De regel wordt niet uitgevoerd.

4. De programmacursor gaat naar de volgende regel. Herhaal stap 3 tot u een fout ontdekt (er is een onjuist resultaat), of aan het einde van het programma komt.

Als de Programmamodus actief is, verplaatst u met [f] [▼] of [f] [▲] alleen de programmacursor zonder dat de regels uitgevoerd worden. Als u tijdens het invoeren van een programma een pijltjestoets ingedrukt houdt, schuiven de regels automatisch door.

Voorbeeld: een programma testen.

Voer het programma met de label O stap voor stap uit. Gebruik als testgegeven een straal van 5. Controleer of de Programmamodus *uitgeschakeld* is voordat u begint:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
5 [f] [GTO] O	5,0000	Verplaatst de cursor naar label O.
[f] [▼] (ingedrukt houden) (loslaten)	001 LBL 0 5,0000	
[f] [▼] (ingedrukt houden) (loslaten)	002 x^2 25,0000	Kwadrateert de invoer.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↩ ▼	003 π	Waarde van π.
(ingedrukt houden)		
(loslaten)	3,1416	
↩ ▼	004 ×	25π.
(ingedrukt houden)		
(loslaten)	78,5398	
↩ ▼	005 RTN	Einde van programma.
(ingedrukt houden)		Het resultaat is juist.
(loslaten)	78,5398	

Gegevens invoeren en tonen

De *variabelen* van de calculator worden gebruikt om gegevensinvoer, tussentijdse resultaten en definitieve resultaten op te slaan. (Zoals in hoofdstuk 3 werd uitgelegd, worden variabelen geïdentificeerd door een letter van A tot en met Z of i, maar de namen van de variabelen staan los van de programmalabels).

In een programma zijn verschillende mogelijkheden om gegevens in te voeren:

- Met een INPUT instructie, die vraagt om een waarde voor een variabele. (Dit is de meest efficiënte methode).
- Met het stapelgeheugen. (U kunt STO gebruiken om de waarde voor later gebruik op te slaan in een variabele).
- Met variabelen waarin reeds waarden zijn opgeslagen.
- Met een automatische aanroep bij vergelijkingen (hiervoor moet vlag 11 actief zijn). (Dit is ook handig als u vergelijkingen gebruikt).

In een programma kunt u informatie op de volgende manieren tonen:

- Met een VIEW instructie, waarbij de naam en de waarde van een variabele getoond wordt. (Dit is de meest efficiënte methode).
- In het stapelgeheugen—alleen de waarde in het X-register is zichtbaar. (Met PSE (pause) kunt u het X-register 1 seconde bekijken.)

- In een vergelijking die in de display staat (hiervoor moet vlag 10 actief zijn). (De "vergelijking" is meestal een melding, en geen echte vergelijking.)

In de volgende paragrafen wordt een aantal methodes voor in- en uitvoer van gegevens besproken.

INPUT gebruiken voor gegevensinvoer

De INPUT instructie ([←] [INPUT] *variabele*) stopt een gestart programma en vraagt om een waarde voor de aangegeven variabele. In de display ziet u de bestaande waarde voor de variabele, bijvoorbeeld:

```
R?0,0000
```

waarbij

"R" de naam van de variabele is,
"?" om informatie vraagt
en 0,0000 de huidige waarde is die in de variabele is opgeslagen.

Druk op [R/S] (*run/stop*) om verder te gaan met het programma. De waarde die u ingetoetst hebt, overschrijft dan de inhoud van het X-register en wordt *ook* opgeslagen in de aangegeven variabele. Als u de getoonde waarde niet gewijzigd hebt, blijft deze waarde in het X-register staan.

Het programma voor de oppervlakte van een cirkel ziet er als volgt uit:

```
001 LBL 0
002 INPUT R
003 x²
004 π
005 ×
006 RTN
```

De INPUT functie in een programma gebruiken:

1. Stel vast welke gegevenswaarden nodig zijn, en geef deze waarden een naam. (In het voorbeeld met de oppervlakte van een cirkel hoeft alleen de straal met de naam R, ingevoerd te worden.)
2. Plaats aan het begin van het programma een INPUT instructie voor elke variabele waarvan u de waarde nodig hebt. Later in het programma, als u het gedeelte van de bewerking schrijft waarbij een gegeven waarde nodig is, plaatst u de instructie (RCL) *variabele*, waarmee de waarde opnieuw in het stapelgeheugen wordt geplaatst.

   Omdat de INPUT instructie de waarde die u zojuist heb ingevoerd in het X-register laat staan, is het niet *nodig* de variabele later op te roepen—u voert de waarde in met INPUT en gebruikt deze waarde als u hem nodig hebt. Op deze manier wordt geheugenruimte gespaard. Maar in een lang programma is het eenvoudiger om alle gegevens in het begin in te voeren en dan de afzonderlijke variabelen op te roepen als u ze nodig hebt.

   Ook is het mogelijk berekeningen uit te voeren wanneer het programma tijdelijk is gestopt en wacht op invoer. Zo kan de inhoud van het stapelgeheugen gewijzigd worden; dit kan invloed hebben op de volgende bewerking die het programma uitvoert. Het programma moet er dus niet van uitgaan dat de inhoud van het X-, Y- en Z-register voor en na de INPUT instructie dezelfde is. Als u alle gegevens in het begin verzamelt en oproept wanneer ze voor een bewerking nodig zijn, voorkomt u dat de inhoud van het stapelgeheugen vlak voor een bewerking gewijzigd wordt.

Zie bijvoorbeeld het programma "Coördinaat-transformatie" in hoofdstuk 15. Routine D verzamelt alle noodzakelijke gegevens voor de variabelen M, N en T (regel D02 tot en met D04) die de x- en y-coördinaten en de hoek θ van een nieuw systeem definiëren.

Reageren op een aanroep:

Als u een programma uitvoert, stopt het bij elke INPUT instructie en vraagt het om een waarde voor de betreffende variabele, bijvoorbeeld `R?0,0000`. De getoonde waarde is de huidige inhoud van R (en de inhoud van het X-register).

- **Als u het getal ongewijzigd wilt laten**, drukt u alleen op (R/S).

- **Als u het getal wilt wijzigen**, typt u het nieuwe getal en drukt u op [R/S]. Dit nieuwe getal overschrijft de oude waarde in het X-register. Als u wilt, kunt u een getal als een breuk invoeren. Als u een getal wilt berekenen, gebruikt u de normale toetsenbordbewerkingen en drukt u vervolgens op [R/S]. U kunt bijvoorbeeld op 2 [ENTER] 5 [y^x] [R/S] drukken.
- **Als u het getal wilt wijzigen**, toetst u het nieuwe getal in en drukt u op [R/S]. Dit nieuwe getal overschrijft de oude waarde in het X-register. Als u een getal moet berekenen, kunt u dit doen voordat u op [R/S] drukt. Als u wilt, kunt u een getal als een breuk invoeren.
- **Als u berekeningen met het getoonde getal wilt uitvoeren,** drukt u op [ENTER] voordat u een ander getal typt.
- **Als u de INPUT aanroep wilt annuleren**, drukt u op [C]. De huidige waarde van de variabele blijft in het X-register staan. Als u op [R/S] drukt om verder te gaan met het programma, wordt de geannuleerde INPUT aanroep herhaald. Als u tijdens het invoeren van getallen op [C] drukt, wordt het getal gewist en vervangen door nul. Druk opnieuw op [C] om de INPUT aanroep te annuleren.
- **Als u de cijfers wilt zien die achter de aanroep verborgen zijn**, drukt u op [→] [SHOW]. (Gebruik bij een binair getal met meer dan 12 cijfers de [$\sqrt{x}$] en [Σ+] toetsen om de rest van het getal te zien.)

Gegevens bekijken met VIEW

De geprogrammeerde VIEW instructie ([→] [VIEW] *variabele*) stopt een programma tijdens de uitvoering en geeft de inhoud van de gegeven variabele, bijvoorbeeld

```
A=78,5398
```

Deze waarde wordt *alleen in de display* getoond, en niet gekopieerd naar het X-register. Als de display modus voor breuken actief is, wordt de waarde als een breuk getoond.

- Als u op [ENTER] drukt, wordt dit getal naar het X-register gekopieerd.
- Als het getal uit meer dan 10 tekens bestaat, kunt u met [→] [SHOW] het gehele getal bekijken. (Gebruik bij een binair getal dat

uit meer dan 12 cijfers bestaat, de [√x] en [Σ+] toetsen om de rest van het getal te kunnen zien.)

- Als u op [C] (of [←]) drukt, wordt de VIEW display gewist en het X-register getoond.
- Als u op [↰] [CLEAR] drukt, wordt de inhoud van de getoonde variabele gewist.

Druk op [R/S] om verder te gaan met het programma.

Zie "Informatie tonen zonder het programma te stoppen" als u niet wilt dat het programma stopt.

Kijk bijvoorbeeld eens naar het programma voor "Normale distributie en inverse normale distributie" in hoofdstuk 16. De regels T15 en T16 aan het einde van de T routine tonen het resultaat voor X. Ook ziet u dat de VIEW instructie in dit programma voorafgegaan wordt door een RCL instructie. De RCL instructie is niet absoluut noodzakelijk, maar wel handig, omdat de met VIEW bekeken variabele in het X-register geplaatst wordt, zodat de u de variabele ook voor handmatige berekeningen kunt gebruiken. (Hetzelfde gebeurt als u tijdens het bekijken van een VIEW display op [ENTER] drukt.) Ook de andere toepassingsprogramma's in hoofdstuk 15 tot en met 17 zorgen ervoor dat de met VIEW bekeken variabele in het X-register komt—behalve het programma met de "Polynomiale Root Finder".

Vergelijkingen gebruiken om meldingen te tonen

De syntaxis van een vergelijking wordt niet gecontroleerd voordat de vergelijking wordt geëvalueerd. Dit betekent dat u tekens in bijna *elke willekeurige* volgorde als een vergelijking in een programma kunt invoeren—u voert deze op dezelfde manier in als u voor vergelijking gewend bent. Druk in een programmaregel op [↱] [EQN] om met de vergelijking te beginnen. Gebruik cijfertoetsen en toetsen met wiskundige symbolen voor getallen en symbolen. Druk voor elke letter op [RCL]. Druk op [ENTER] om de vergelijking te beëindigen.

Als vlag 10 actief is, worden vergelijkingen *getoond* in plaats van *geëvalueerd*. Dit betekent dat u een melding kunt tonen door deze als vergelijking in te voeren. (Gedetailleerde informatie over vlaggen vindt u in hoofdstuk 13.)

Als de melding getoond wordt, stopt het programma—druk op [R/S] om verder te gaan. Als de getoonde melding langer is dan 12 tekens,

ziet u de ⟶ en ▼ indicators wanneer de melding getoond wordt. U kunt dan [Σ+] en [√x] gebruiken om de display te verschuiven. Druk op [↱] [SCRL] om ▼ uit te schakelen en de toetsen van de bovenste rij weer de normale functies uit te laten voeren.

Zie "Informatie tonen zonder het programma te stoppen" hieronder als u niet wilt dat het programma stopt.

Voorbeeld: INPUT, VIEW en meldingen in een programma.

Schrijf een vergelijking om de oppervlakte en het volume van een cilinder te berekenen bij een gegeven straal en hoogte. Geef het programma de label C (als in *cylinder*) en gebruik de variabelen O (oppervlakte), V (volume), R (straal) en H (hoogte). Gebruik de volgende formules:

$$V = \pi R^2 H$$

$$O = 2\pi R^2 + 2\pi RH = 2\pi R(R + H).$$

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[↰] [PRGM] [↰] [GTO] [·][·]	PRGM TOP	Programmamodus; plaatst cursor aan het begin van het geheugen.
[↰] [LBL] C	C01 LBL C	Voorziet het programma van een label.
[↰] [INPUT] R [↰] [INPUT] H	C02 INPUT R C03 INPUT H	Instructies voor aanroep voor straal en hoogte.
[↱] [EQN] [↱] [π] [×] [RCL] R [y^x] 2 [×] [RCL] H [ENTER]	C04 π×R^2×H	Berekent het volume.
[↱] [SHOW]	CK=9194 012,0	Checksum en lengte van de vergelijking.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
STO V	C05 STO V	Slaat het volume op in *V*.
↱ EQN 2 × ↱ π × RCL R × ↱ (RCL R + RCL H ↱) ENTER	C06 2×π×R×(R	Berekent de oppervlakte.
↱ SHOW	CK=A911 018,0	Checksum en lengte van de vergelijking.
STO O	C07 STO O	Slaat de oppervlakte op in *O*.
↱ FLAGS {SF} · 0	C08 SF 10	Activeert vlag 10 om vergelijkingen te tonen.
↱ EQN RCL V RCL O RCL L SPACE + SPACE RCL O RCL P RCL P ENTER	C09 VOL + OP	Toont melding in vergelijking.
↱ FLAGS {CF} · 0	C10 CF 10	Maakt vlag 10 inactief.
↱ VIEW V	C11 VIEW V	Toont het volume.
↱ VIEW O	C12 VIEW O	Toont de oppervlakte.
↱ RTN	C13 RTN	Beëindigt het programma.
↰ MEM {PGM}	LBL C 060,0	Toont label C en de lengte van het programma in bytes.
↱ SHOW	CK=1771 060,0	Checksum en lengte van het programma.
C C		Schakelt het invoeren van een programma uit.

Bereken nu het volume en de oppervlakte van een cilinder met een straal van $2\ ^1/_2$ cm en een hoogte van 8 cm.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[XEQ] C	R?*value*	Begint met het uitvoeren van C; vraagt om een waarde voor *R*. (Toont de huidige waarde die in *R* staat.)
2 [.] 1 [.] 2 [R/S]	H?*value*	Voert $2\ ^1/_2$ als een breuk in. Vraagt om een waarde voor voor *H*.
8 [R/S]	VOL + OPP	Toont melding.
[R/S]	V=157,0796	Volume in cm^3.
[R/S]	O=164,9336	Oppervlakte in cm^2.

Informatie tonen zonder het programma te stoppen

Gewoonlijk stopt een programma als het een variabele toont met VIEW of een melding toont in de vorm van een vergelijking. U moet dan op [R/S] drukken om verder te gaan met het programma.

Als u wilt, kunt u het programma ook laten doorgaan tijdens het tonen van informatie. Als in de *volgende* programmaregel—na een VIEW instructie of een getoonde vergelijking—de instructie PSE (*pause*) staat, wordt de informatie getoond *en* gaat het programma verder na een tijdelijke onderbreking van 1 seconde. In dit geval is het niet mogelijk de display te verschuiven of gegevens in te voeren via het toetsenbord.

Deze display wordt gewist door andere display-bewerkingen en door de RND bewerking als vlag 7 actief is (afronden tot een breuk).

Druk op [↱] [PSE] om PSE in een programma in te voeren. De regels met VIEW en PSE, of de vergelijkingen en regels met PSE, worden als één bewerking beschouwd wanneer u het programma regel voor regel uitvoert.

Een programma stoppen of onderbreken

Een Stop of Pauze (STOP, PSE) in een programma

- Als u tijdens het invoeren van een programma op [R/S] (*run/stop*) drukt, voegt u een STOP instructie in. Hierdoor stopt een programma totdat u het weer verder laat gaan door op het toetsenbord op [R/S] te drukken. U kunt STOP gebruiken in plaats van RTN om een programma te beëindigen zonder dat de programmacursor naar het begin van het geheugen gaat.
- Als u tijdens het invoeren van een programma op [→] [PSE] drukt, voegt u een PSE (*pause*) instructie in. Hierdoor wordt een programma tijdens de uitvoering tijdelijk gestopt en de inhoud van het X-register gedurende 1 seconde getoond. Dit geldt niet in het volgende geval: als PSE direct achter een VIEW instructie of een instructie voor het tonen van een vergelijking (vlag 10 actief) staat, wordt de variabele of de vergelijking getoond—de display blijft na de onderbreking van 1 seconde gehandhaafd.

Een programma tijdens de uitvoering onderbreken

U kunt een programma tijdens het uitvoeren op een willekeurig moment onderbreken door op [C] of [R/S] te drukken. Het programma voert eerst de instructie uit waarmee het bezig is voordat het stopt. Druk op [R/S] (*run/stop*) om verder te gaan met de uitvoering van het programma.

Als u een programma onderbreekt en vervolgens op [XEQ], [←] [GTO] of [→] [RTN] drukt, kunt u het programma *niet* verder uitvoeren met [R/S]. In plaats daarvan moet u het programma opnieuw uitvoeren ([XEQ] *label*).

Stoppen bij een fout

Als tijdens het uitvoeren van een programma een fout optreedt, stopt de uitvoering van het programma en verschijnt er een foutmelding in de display. (In appendix E staat een lijst van meldingen en situaties waarin de fout zich voordoet.)

Druk op [←] [PRGM] om de programmaregel te bekijken met de instructie die de fout veroorzaakt. Op dit punt is het programma

gestopt. (Het kan bijvoorbeeld om een ÷ instructie gaan, waardoor een ongeldige deling door nul voorkomt.)

Het wijzigen van een programma

U kunt een programma in het programmageheugen wijzigen door programmaregels in te voegen, te verwijderen of te wijzigen. Als er een vergelijking in een programmaregel staat, kunt u de vergelijking wijzigen—maar als er in een andere programmaregel ook maar een kleine wijziging aangebracht moet worden, moet u de oude regel verwijderen en een nieuwe regel invoegen.

Een programmaregel verwijderen:

1. Kies het betreffende programma of de betreffende routine ([↰] [GTO] *label*), activeer de Programmamodus ([↰] [PRGM]) en druk op [↰] [▼] of [↰] [▲] om naar de regel te gaan die gewijzigd moet worden. Houd de pijltjestoets ingedrukt, zodat de regels doorschuiven. (Als u het regelnummer weet van de regel die u wilt wijzigen, verplaatst u de cursor met [↰] [GTO] [.] *label nn* naar de gewenste regel.)
2. Verwijder de regel die u wilt wijzigen: druk op [↰] [CLEAR] {EQN} als er een vergelijking in staat; als dit niet zo is, drukt u op [←]. De cursor gaat dan naar de *voorgaande* regel. (Als u meerdere achtereenvolgende programmaregels verwijdert, begint u met de *laatste* regel van de groep.)
3. Toets eventueel een nieuwe instructie in. Deze vervangt de verwijderde instructie.
4. Verlaat de Programmamodus (met [C] of [↰] [PRGM]).

Een programmaregel invoegen:

1. Ga naar de programmaregel die *voor* de plaats staat waar u een regel wilt invoegen en toon deze regel.
2. Toets de nieuwe instructie in; deze wordt ingevoegd *achter* de regel die in de display staat.

Als u bijvoorbeeld een nieuwe regel wilt invoegen tussen regel A04 en A05, toont u eerst regel A04 en toetst u vervolgens de instructie(s) in. De volgende programmaregels, te beginnen met de oorpronkelijke regel A05, worden naar beneden geschoven en opnieuw genummerd.

Een vergelijking in een programmaregel wijzigen:

1. Ga naar de programmaregel met de vergelijking en toon deze regel.
2. Druk op ◀. Hierdoor komt de "▮" cursor in de display, maar wordt er niets uit de vergelijking verwijderd.
3. Druk waar nodig op ◀ om de gewenste functie of het getal te verwijderen en breng vervolgens de gewenste correcties aan.
4. Druk op ENTER om de vergelijking te beëindigen.

Programmageheugen

Het programmageheugen bekijken

↩ PRGM werkt als een schakelaar voor het in- en uitschakelen van de Programmamodus (**PRGM** indicator in display, programmaregels getoond). Als de Programmamodus actief is, wordt de inhoud van het programmageheugen getoond.

Het programmageheugen begint bij PRGM TOP. De lijst met programmaregels is een doorlopende lijst, zodat u met de programmacursor van het einde naar het begin en van het begin naar het einde kunt gaan. Als de Programmamodus actief is, zijn er drie manieren om de programmacursor (de getoonde regel) te verplaatsen:

- Met de pijltjestoetsen, ↩ ▼ en ↩ ▲. Als u in de laatste regel op ↩ ▼ drukt, gaat de cursor naar PRGM TOP; als u bij PRGM TOP op ↩ ▲ drukt, gaat de cursor naar de laatste programmaregel.

  Als u meer dan één regel verder wilt gaan ("verschuiven"), moet u ▼ of ▲ ingedrukt houden.

- Met GTO · · gaat de programmacursor naar PRGM TOP.

- Met GTO . *label nn* gaat u naar een regelnummer met een label die lager is dan 100.

Als de Programmamodus niet actief is (er worden geen programmaregels getoond), kunt u de programmacursor ook verplaatsen met ← GTO *label*.

Als u de Programmamodus annuleert, verandert de positie van de programmacursor *niet*.

Geheugengebruik

Elke programmaregel gebruikt een bepaalde hoeveelheid geheugen:

- Getallen gebruiken 9,5 bytes, *behalve* gehele getallen van 0 tot en met 254, die slechts 1,5 bytes gebruiken.
- Alle andere instructies gebruiken 1,5 bytes.
- Vergelijkingen gebruiken 1,5 bytes, plus 1,5 bytes voor elke functie, plus 9,5 of 1,5 bytes voor elk getal. Elk "(" en ")" gebruikt 1,5 bytes *behalve* "(" bij prefix-functies.

Als u tijdens het invoeren van een programma de melding MEMORY FULL ziet, is er niet genoeg ruimte in het programmageheugen voor de regel die u zojuist intoetste. U kunt meer geheugenruimte beschikbaar maken door programma's of andere gegevens te wissen. Zie "Eén of meer programma's wissen" later in dit hoofdstuk of "Het geheugen van de calculator beheren" in appendix B.

De programmacatalogus (MEM)

De programmacatalogus is een lijst waarin alle programmalabels staan met het aantal geheugenbytes dat ze gebruiken en het aantal bijbehorende regels. Druk op ← MEM {PGM} om de catalogus te tonen en druk op ← ▼ of ← ▲ om naar een andere plaats in de lijst te gaan. U kunt deze catalogus gebruiken voor:

- Het bekijken van de labels in het programmageheugen en de geheugenruimte die een programma of routine met een label nodig heeft.
- Het uitvoeren van een programma met een label. (Druk op XEQ of R/S als de label in de display staat.)

- Het tonen van een programma met een label. (Druk op ↰ PRGM als de label in de display staat.)
- Het verwijderen van bepaalde programma's. (Druk op ↰ CLEAR als de label in de display staat.)
- Het bekijken van de checksum van een bepaald programmasegment. (Druk op ↱ SHOW.)

De catalogus laat zien hoeveel geheugenbytes elk programmasegment met een label gebruikt. De programma's worden geïdentificeerd door een programmalabel.

```
LBL C   060,0
```

waarbij 60,0 het aantal bytes is dat het programma gebruikt.

Eén of meer programma's wissen

Een bepaald programma uit het geheugen wissen:

1. Druk op ↰ MEM {PGM} en toon de label van het programma (met ↰ ▼ en ↰ ▲).
2. Druk op ↰ CLEAR.
3. Druk op C om de catalogus te annuleren of op ← om de catalogus te verlaten.

Alle programma's uit het geheugen wissen:

1. Druk op ↰ PRGM om de programmaregels te tonen (**PRGM** indicator in display).
2. Druk op ↰ CLEAR {PGM} om het programmageheugen te wissen.
3. De melding `CL PGMS? Y N` vraagt u uw keuze te bevestigen. Druk op {Y}.
4. Druk op ↰ PRGM om de Programmamodus te annuleren.

Als u het gehele geheugen wist (↰ CLEAR {ALL}), worden ook alle programma's gewist.

De checksum

De *checksum* is een unieke hexadecimale waarde die wordt toegekend aan elke programmalabel en de bijbehorende regels (tot de volgende label). Dit getal wordt gebruikt ter vergelijking met een bekende checksum voor een bestaand programma dat u in het programmageheugen hebt ingetoetst. Als de bekende checksum en de door de calculator getoonde checksum gelijk zijn, hebt u alle programmaregels juist ingevoerd. U kunt de checksum als volgt bekijken:

1. Druk op ↩ MEM {PGM} voor de catalogus met programmalabels.
2. Toon de gewenste label, indien nodig, met de pijltjestoetsen.
3. Druk op ↪ SHOW en houd deze toetsen ingedrukt om CK=*waarde lengte* te tonen.

Om bijvoorbeeld de checksum voor het huidige programma te zien (het "cilinder" programma), gaat u als volgt te werk:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↩ MEM {PGM}	LBL C 060,0	Toont label C, die 60,0 bytes gebruikt.
↪ SHOW (ingedrukt houden)	CK=1771 060,0	Checksum en lengte.

Als uw checksum *niet* met dit getal overeenkomt, hebt u het programma niet juist ingevoerd.

In alle toepassingsprogramma's in hoofdstuk 15 tot en met 17 staat bij elke routine met een label een waarde voor de checksum, zodat u kunt verifiëren of u het programma juist hebt ingevoerd.

Daarnaast heeft elke vergelijking in een programma een eigen checksum. Zie "Een vergelijking invoeren in een programmaregel" eerder in dit hoofdstuk.

Niet programmeerbare functies

De volgende functies van de HP 32SII zijn *niet* programmeerbaar:

- ↰ CLEAR {PGM}
- ↰ CLEAR {ALL}
- ⊕
- ↰ ▼, ↰ ▲
- ↰ PRGM
- ↰ GTO . .
- ↰ GTO . *label nn*
- ↰ MEM
- ↱ SHOW
- ↱ EQN
- ↰ FDISP

Programmeren met BASE

Met behulp van ↰ BASE kunt u instructies programmeren voor het veranderen van de grondtalinstelling. Deze instelling werkt in programma's op dezelfde manier als bij het uitvoeren van de functie vanaf het toetsenbord. Hiermee kunt u programma's schrijven die getallen met elk van de vier grondtallen accepteren en ook resultaten in elk grondtal kunnen tonen.

Bij het schrijven van een programma dat getallen gebruikt met een ander grondtal dan 10, moet u de calculator op dat grondtal instellen, en tevens in het programma de instructie voor die grondtalinstelling opnemen.

Een grondtalinstelling kiezen in een programma

Plaats aan het begin van het programma een BIN, OCT of HEX instructie. Gewoonlijk moet u ook een DEC instructie aan het eind van het programma plaatsen, zodat de calculator na het uitvoeren van het programma weer de Decimale modus gebruikt.

De instructie voor het veranderen van de grondtalinstelling bepaalt hoe de ingevoerde gegevens worden geïnterpreteerd en hoe de uitgevoerde gegevens er uitzien *tijdens en na het uitvoeren van een programma*, maar heeft geen invloed op de programmaregels als u ze invoert.

Bij het evalueren van een vergelijking, SOLVE en $\int$FN wordt automatisch de Decimale modus ingesteld.

In programmaregels ingevoerde getallen

Stel het grondtal in voordat u begint met het invoeren van een programma. De huidige instelling voor het grondtal bepaalt het grondtal van de getallen die in de programmaregels worden ingevoerd. Deze getallen worden anders getoond als u het grondtal wijzigt.

De nummers van de programmaregels worden altijd getoond met grondtal 10.

Een indicator geeft aan welk grondtal is ingesteld. Vergelijk de onderstaande programmaregels in de linker en rechter kolommen. Alle niet-decimale getallen zijn rechts uitgelijnd in de display van de calculator. U ziet dat het getal 10 in de Hexadecimale modus als "D" wordt getoond.

Decimale modus ingesteld:

```
⋮
  PRGM
A09 HEX
  PRGM
A10  10
⋮
```

Hexadecimale modus ingesteld:

```
⋮
  PRGM    HEX
A09 HEX
  PRGM    HEX
A10           D
⋮
```

Polynomiale uitdrukkingen en de methode van Horner

Sommige uitdrukkingen, zoals polynomen, gebruiken voor de oplossing verschillende malen dezelfde variabele. Bijvoorbeeld: de uitdrukking

$$Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E$$

gebruikt de variabele x vier maal. Een programma voor het berekenen van een dergelijke uitdrukking met behulp van RPN bewerkingen kan herhaaldelijk een opgeslagen kopie van x oproepen uit een variabele. Er bestaat ook een kortere RPN methode van programmeren. Hierbij wordt een stapelgeheugen gebruikt dat is gevuld met een constante (zie "Het stapelgeheugen vullen met een constante" in hoofdstuk 2).

De methode van Horner is een handige methode voor het opnieuw rangschikken van polynomiale uitdrukkingen, zodat voor de bewerkingen minder stappen en minder tijd nodig zijn. Deze methode is vooral geschikt voor SOLVE en $\int$FN, twee relatief complexe bewerkingen waarbij subroutines worden gebruikt.

Bij de methode van Horner wordt een polynomiale uitdrukking herschreven in een geneste vorm, om exponenten groter dan 1 te elimineren:

$$Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E$$
$$(Ax^3 + Bx^2 + Cx + D)x + E$$
$$((Ax^2 + Bx + C)x + D)x + E$$
$$(((Ax + B)x + C)x + D)x + E$$

Voorbeeld:

Schrijf een programma met RPN bewerkingen voor $5x^4 + 2x^3$ als $(((5x + 2)x)x)x$, en evalueer de uitdrukking voor $x = 7$.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[↰] [PRGM] [↰] [GTO] [.] [.]	PRGM TOP	
[↰] [LBL] P	P01 LBL P	
[↰] [INPUT] X	P02 INPUT X	Vult het stapelgeheugen
[ENTER]	P03 ENTER	met x.
[ENTER]	P04 ENTER	
[ENTER]	P05 ENTER	
5	P06 5	
[×]	P07 ×	$5x$.
2	P08 2	
[+]	P09 +	
[×]	P10 ×	$5x + 2$.
[×]	P11 ×	$(5x + 2)x$.
[×]	P12 ×	$(5x + 2)x^2$.
		$(5x + 2)x^3$.
[↱] [RTN]	P13 RTN	
[↰] [MEM] {PGM}	LBL P 019,5	Toont label P, die 19,5 bytes gebruikt.
[↱] [SHOW]	CK=7FB4 019,5	Checksum en lengte.
[C] [C]		Schakelt het invoeren van een programma uit.

Evalueer deze polynoom nu voor $x = 7$.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[XEQ] P	X?*value*	Vraagt om een waarde voor x.
7 [R/S]	12.691,0000	Resultaat.

Hieronder staat een meer algemene vorm van dit programma voor een vergelijking van het type $(((Ax + B)x + C)x + D)x + E$:

```
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
```

Checksum en lengte: E93F 028,5

13

Programmeertechnieken

In hoofdstuk 12 zijn de basisprincipes voor het programmeren besproken. In dit hoofdstuk komen meer gecompliceerde, maar handige technieken aan de orde:

- Het gebruik van subroutines om programma's te vereenvoudigen; gedeelten van een programma die een speciale functie hebben, worden van elkaar gescheiden en krijgen een eigen label. Als u subroutines gebruikt, worden programma's waarin een serie stappen meerdere malen wordt uitgevoerd, korter.
- Het gebruik van voorwaardelijke instructies (vergelijkingen en vlaggen) om te bepalen welke instructies of subroutines gebruikt moeten worden.
- Het gebruik van lussen met tellers om een verzameling instructies een bepaald aantal keren uit te voeren.
- Het gebruik van indirecte adressering om met dezelfde instructie toegang te krijgen tot verschillende variabelen.

Routines in programma's

Een programma bestaat uit één of meer *routines*. Een routine is een functionele eenheid die een bepaalde opdracht uitvoert. Bij gecompliceerde programma's zijn routines nodig om de opdrachten te groeperen en van elkaar te scheiden. Hierdoor wordt het gemakkelijker een programma te schrijven, lezen, begrijpen en wijzigen.

Kijk bijvoorbeeld eens naar het programma voor "Normale distributie en inverse normale distributie" in hoofdstuk 16. Dit programma bestaat uit vier routines met de labels S, D, N en F. Routine S "initialiseert" het programma door de gegevens voor het

gemiddelde en de standaard deviatie te verzamelen. Routine D geeft de integratiegrens aan, voert routine N uit en toont het resultaat. Routine N integreert de in routine F gedefinieerde functie en voltooit de waarschijnlijkheidsberekening voor $Q(x)$.

Een routine begint meestal met een label (LBL) en eindigt meestal met een instructie die de uitvoering van het programma wijzigt of stopt zoals RTN, GTO, STOP of eventueel een andere label.

Subroutines oproepen (XEQ, RTN)

Een *subroutine* is een routine die wordt *opgeroepen* (uitgevoerd) door een andere routine, en daarnaartoe *terugkeert* nadat de subroutine is uitgevoerd. De subroutine *moet* met een LBL beginnen en met een RTN eindigen. Een subroutine is zelf ook een routine, en kan dus andere subroutines oproepen.

- XEQ moet naar een label (LBL) gaan om een subroutine op te roepen. (XEQ kan niet naar een regelnummer gaan.)
- Bij de eerstvolgende RTN gaat de uitvoering van het programma terug naar de regel die na de regel met XEQ komt.

Routine Q in het programma voor "Normale distributie en inverse normale distributie" in hoofdstuk 16, is een voorbeeld van een subroutine (voor het berekenen van $Q(x)$) die wordt opgeroepen vanuit routine D door de regel D03 XEQ Q. Routine Q eindigt met een RTN instructie die ervoor zorgt dat het programma verder gaat met regel D04 in routine D (voor het opslaan en tonen van het resultaat). Zie het onderstaande stroomschema.

Bij de stroomschema's in dit hoofdstuk wordt de volgende notatie gebruikt:

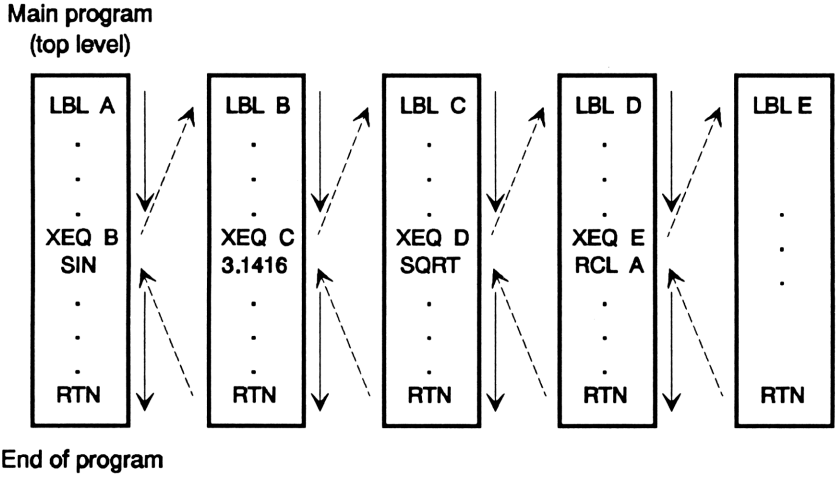
A05 GTO B →①	De uitvoering van het programma gaat van deze regel naar de regel die met ←① ("van 1") is gemarkeerd.
B01 LBL B ←①	De uitvoering van het programma gaat van een regel die met →① ("naar 1") is gemarkeerd, naar deze regel.

```
D01 LBL D                Hier begint de routine.
D02 INPUT X
D03 XEQ Q          →①    Roept subroutine Q op.
D04 STO Q          ←②    Gaat hiernaartoe terug.
D05 VIEW Q
D06 GTO D                Start D opnieuw.

Q01 LBL Q          ←①    Start subroutine.
 :
Q16 RTN            →②    Gaat terug naar routine D.
```

Geneste subroutines

Een subroutine kan een andere subroutine oproepen, die op zijn beurt weer een andere subroutine kan oproepen. Het "nesten" van subroutines (het oproepen van een subroutine vanuit een andere subroutine) is beperkt tot een stapelgeheugen voor subroutines van zeven niveaus (waarbij het hoogste programmaniveau niet wordt meegerekend). Geneste subroutines werken als volgt:



Als u een subroutine probeert uit te voeren die meer dan zeven niveaus genest is, krijgt u een XEQ OVERFLOW foutmelding.

Voorbeeld: een geneste subroutine

De volgende subroutine met de label S berekent de waarde van de uitdrukking

$$\sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2}$$

als onderdeel van een grotere berekening in een groter programma. De subroutine roept *een andere* subroutine (een geneste subroutine) op met de label Q, die het telkens weer kwadrateren en optellen uitvoert. Hierdoor spaart u geheugenruimte, omdat het programma korter is dan wanneer geen subroutines worden gebruikt.

	S01 LBL S		Hier begint de subroutine.
	S02 INPUT A		Voert A in.
	S03 INPUT B		Voert B in.
	S04 INPUT C		Voert C in.
	S05 INPUT D		Voert D in.
	S06 RCL D		Roept de gegevens op.
	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		Gaat terug naar de hoofdroutine.
	Q01 LBL Q	←①③⑤	Geneste subroutine.
	Q02 $x<>y$		
	Q03 x^2		
	Q04 +		Telt x^2 erbij op.
②④⑥←	Q05 RTN		Gaat terug naar subroutine S.

Vertakkingen (GTO)

Zoals al eerder bleek bij subroutines, is het vaak wenselijk om de uitvoering van een programma vanaf een ander gedeelte dan de volgende regel verder te laten gaan. Dit wordt **springen** genoemd.

Bij onvoorwaardelijk springen gebruikt u de GTO (*go to*, ga naar) instructie om naar een programmalabel te gaan. Tijdens de uitvoering van een programma is het niet mogelijk naar een bepaalde regel te springen.

Een geprogrammmeerde GTO instructie

Met de instructie GTO *label* (druk op ↰ GTO *label*) gaat de uitvoering van een gestart programma verder vanaf de regel waarin de label staat. Het maakt niet uit waar deze regel staat. Het programma gaat verder vanaf de nieuwe plaats en gaat *nooit* automatisch terug naar het punt waar de GTO instructie staat; GTO wordt dan ook niet gebruikt voor subroutines.

Kijk bijvoorbeeld eens naar het programma voor "Inpassing in een kromme" in hoofdstuk 16. De GTO Z instructie laat de uitvoering vanaf één van drie willekeurige onafhankelijke initialisatieroutines naar LBL Z springen, de routine die functioneert als gemeenschappelijke toegang tot het hart van het programma:

```
S01 LBL S          Kan hier starten.
 :
S05 GTO Z  →①      Springt naar Z.

L01 LBL L          Kan hier starten.
 :
L05 GTO Z  →①      Springt naar Z.

E01 LBL E          Kan hier starten.
 :
E05 GTO Z  →①      Springt naar Z.

Z01 LBL Z  ←①      Springt naar dit punt.
 :
```

GTO gebruiken vanaf het toetsenbord

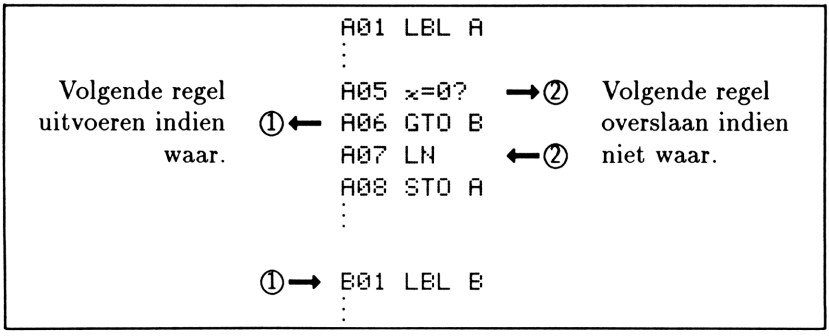
U kunt [f] [GTO] gebruiken om de programmacursor naar een aangegeven label of regelnummer te verplaatsen *zonder* het programma te starten.

- Naar PRGM TOP: [f] [GTO] [.] [.].
- Naar een regelnummer: [f] [GTO] [.] *label nn* (*nn* < 100). Bijvoorbeeld [f] [GTO] [.] A05.
- Naar een label: [f] [GTO] *label* —, maar alleen als de Programmamodus *niet* actief is (geen programmaregels of **PRGM** in de display). Bijvoorbeeld [f] [GTO] A.

Voorwaardelijke instructies

Een andere mogelijkheid om de volgorde waarin een programma wordt uitgevoerd, te wijzigen, is een *voorwaardelijke test*: een waar/niet-waar test waarbij twee getallen worden vergeleken en de volgende instructie wordt overgeslagen als de veronderstelling niet waar is.

Als bijvoorbeeld in regel A05 de voorwaardelijke instructie x=0 staat (dit betekent *is x gelijk aan nul?*), vergelijkt het programma de inhoud van het X-register met nul. Als in het X-register *inderdaad* nul staat, gaat het programma verder met de volgende regel. Als in het X-register *geen* nul staat, wordt de volgende regel *overgeslagen* en springt het programma naar regel A07. Deze instructie staat bekend onder de naam "Do if true" (uitvoeren indien waar).



In het voorgaande voorbeeld wordt een gebruikelijke techniek voor voorwaardelijke tests geïllustreerd: de regel direct na de test (alleen uitgevoerd als de uitkomst "waar" is) is een *sprong* naar een andere label. Het effect van de test is een sprong naar een andere routine onder bepaalde omstandigheden.

Er zijn drie soorten voorwaardelijke instructies:

- Vergelijkende tests. Hierbij worden het X- en Y-register of het X-register met nul vergeleken.
- Het testen van vlaggen. Hierbij wordt de status van vlaggen gecontroleerd (actief of niet actief).
- Lussen met een teller. Deze worden meestal gebruikt om een bewerking een bepaald aantal keren uit te voeren.

Vergelijkende tests (x?y, x?0)

Er zijn 12 vergelijkende tests beschikbaar voor het programmeren. Als u op ← (x?y) of → (x?0) drukt, verschijnt er een menu voor één van de twee onderstaande testcategorieën :

- $x?y$ voor tests waarbij x en y met elkaar vergeleken worden.
- $x?0$ voor tests waarbij x en 0 vergeleken worden.

Denk eraan dat x verwijst naar het getal in het X-register en y naar het getal in het Y-register. De *variabelen* X en Y worden *niet* met elkaar vergeleken.

Kies de gewenste vergelijking en druk vervolgens op de menutoets voor de gewenste voorwaardelijke instructie.

De testmenu's

$x?y$	$x?0$
{≠} voor $x \neq y$?	{≠} voor $x \neq 0$?
{≤} voor $x \leq y$?	{≤} for $x \leq 0$?
{<} voor $x < y$?	{<} voor $x < 0$?
{>} voor $x > y$?	{>} voor $x > 0$?
{≥} voor $x \geq y$?	{≥} voor $x \geq 0$?
{=} voor $x = y$?	{=} voor $x = 0$?

Als u een voorwaardelijke test vanaf het toetsenbord uitvoert, verschijnt er YES of NO in de display van de calculator.

Voorbeeld:

Het programma voor de "Normale distributie en inverse normale distributie" in hoofdstuk 16 gebruikt de $x<y$? voorwaarde in routine T:

Programmaregels:	Beschrijving:
⋮	
T09 ÷	Berekent de correctie voor $X_{\text{schatting}}$.
T10 STO+ X	Voegt de correctie toe, die een nieuwe $X_{\text{schatting}}$ oplevert.
T11 ABS	
T12 0,0001	
T13 x<y?	Controleert of de correctie significant is.
T14 GTO	Gaat terug naar het begin van de lus als de correctie significant is. Gaat verder als de correctie niet significant is.
T15 RCL X	
T16 VIEW X	Toont de berekende waarde van X.
⋮	

Regel T09 berekent de correctie voor $X_{\text{schatting}}$. Regel T13 vergelijkt de absolute waarde van de berekende correctie met 0,0001. Als de waarde minder dan 0,0001 is ("Do If True"), voert het programma

regel T14 uit; als de waarde groter dan of gelijk aan 0,0001 is, gaat het programma verder met regel T15.

Vlaggen

Een vlag is een indicator voor een status. Een vlag kan *actief* (*waar*) of *niet actief* (*niet waar*) zijn. Het *testen van een vlag* is ook een voorwaardelijke test die werkt volgens de regel "Do if true": het programma gaat direct verder als de geteste vlag actief is, en slaat een regel over als de vlag niet actief is.

De betekenis van vlaggen

De HP 32SII heeft 12 vlaggen, die genummerd zijn van 0 tot en met 11. Alle vlaggen kunnen vanaf het toetsenbord of met een instructie in een programma actief of inactief gemaakt worden of getest worden. De standaardstatus van alle 12 vlaggen is *niet actief*. De procedure waarbij het geheugen door drie toetsaanslagen wordt gewist, staat in appendix B. Bij deze procedure worden alle vlaggen inactief gemaakt. ↰ CLEAR {ALL} {Y} heeft *geen* invloed op de vlaggen.

- **De vlaggen 0, 1, 2, 3 en 4** hebben geen vooraf gedefinieerde betekenis. Dit houdt in dat de status van deze vlaggen de betekenis krijgt die u zelf definieert in een bepaald programma. (Zie het volgende voorbeeld.)

- Als **vlag 5** actief is, wordt een programma onderbroken als er in een programma overflow optreedt en ziet u OVERFLOW en ⚠ in de display. Er is sprake van *overflow* als een resultaat groter is dan het grootste getal waarmee de calculator kan werken. Het overflow resultaat wordt vervangen door het grootst mogelijke getal. Als vlag 5 niet actief is, wordt een programma bij overflow niet onderbroken, maar ziet u aan het einde van het programma even de melding OVERFLOW.

- **Vlag 6** wordt bij overflow *automatisch* actief gemaakt door de calculator (maar u kunt vlag 6 ook zelf activeren). Dit heeft verder geen gevolgen, maar kan wel gebruikt worden om te testen.

  Met vlag 5 en 6 kunt u iets aan overflow-situaties doen als deze tijdens een programma optreden. Als u vlag 5 activeert, stopt een programma op de eerstvolgende regel na de regel waardoor de overflow werd veroorzaakt. Door vlag 6 te testen in een programma

kunt u de volgorde van het programma veranderen of een resultaat wijzigen als er sprake is van overflow.

- **De vlaggen 7, 8 en 9** regelen de weergave van breuken. Vlag 7 kan ook vanaf het toetsenbord ingesteld worden. Als de display modus voor breuken in- of uitgeschakeld wordt met ↩ FDISP, wordt ook vlag 7 actief of inactief gemaakt.

Vlag-status	Vlaggen voor breuken		
	7	8	9
Niet actief (Standaard)	Displaymodus voor breuken uitgeschakeld; reële getallen worden in de huidige display instelling getoond.	Noemers niet groter dan de */c* waarde.	Breuken zo ver mogelijk vereenvoudigd.
Actief	Displaymodus voor breuken ingeschakeld; reële getallen worden als breuken getoond.	Noemers zijn een factor van de */c* waarde.	Geen vereenvoudiging van breuken. (Alleen gebruikt als vlag 8 actief is.)

- **Vlag 10** regelt de uitvoering van vergelijkingen in een programma:

  Als vlag 10 niet actief is (de standaardinstelling), worden vergelijkingen bij het uitvoeren van een programma opgelost en wordt de oplossing in het stapelgeheugen geplaatst.

  Als vlag 10 actief is, worden vergelijkingen bij het uitvoeren van programma's getoond als meldingen, zodat ze zich gedragen als een VIEW instructie:

  1. De uitvoering van het programma wordt onderbroken.
  2. De programmacursor gaat naar de volgende programmaregel.
  3. De vergelijking wordt getoond zonder het stapelgeheugen te beïnvloeden. U kunt de display wissen door op ⬅ of C te drukken. Als u op een willekeurige andere toets drukt, wordt de functie uitgevoerd die bij deze toets hoort.
  4. Als de volgende regel een PSE instructie is, gaat het programma verder na een onderbreking van 1 seconde.

  De status van vlag 10 wordt alleen ingesteld door de bewerkingen SF en CF vanaf het toetsenbord uit te voeren, of door SF en CF instructies in een programma.

- **Vlag 11** regelt de aanroepen voor het invoeren van een waarde wanneer vergelijkingen in een programma worden uitgevoerd, maar *heeft geen invloed op automatische aanroepen bij bewerkingen met het toetsenbord*:

  Als vlag 11 niet actief is (de standaardinstelling) worden het evalueren en de SOLVE en $\int$FN bewerkingen van vergelijkingen in programma's zonder onderbrekingen uitgevoerd. De huidige waarde van elke variabele in de vergelijking wordt telkens wanneer deze optreedt, automatisch opgeroepen. Het invoeren met INPUT wordt niet beïnvloed.

  Als vlag 11 actief is, wordt voor elke variabele om een waarde gevraagd wanneer deze voor het eerst optreedt in de vergelijking. De aanroep voor een variabele verschijnt slechts één keer, ongeacht het aantal keren dat de variabele in de vergelijking voorkomt. Bij het oplossen verschijnt geen aanroep voor de onbekende; bij integratie verschijnt geen aanroep voor de integratievariabele. Een aanroep onderbreekt de uitvoering van het programma. Als u op R/S drukt, gaat de bewerking verder met de waarde die u voor de

variabele hebt ingetoetst of met de getoonde (huidige) waarde van de variabele als u na de aanroep alleen op [R/S] hebt gedrukt.

Vlag 11 wordt automatisch inactief gemaakt na het evalueren van een vergelijking in een programma of het uitvoeren van SOLVE of $\int$FN bewerkingen. U kunt de status van vlag 11 ook instellen door de bewerkingen SF en CF vanaf het toetsenbord uit te voeren of door SF en CF instructies op te nemen in een programma.

Indicators voor actieve vlaggen

Bij de vlaggen 0, 1, 2 en 3 verschijnt er een indicator in de display als de bijbehorende vlag actief is. Doordat **0**, **1**, **2** of **3** wel of niet in de display staan, kunt u altijd zien of deze vier vlaggen actief zijn of niet. Voor de status van de vlaggen 4 tot en met 11 bestaan er echter geen indicators. De status van deze vlaggen kan gecontroleerd worden door de FS? instructie uit te voeren vanaf het toetsenbord. (Zie "Vlaggen gebruiken" hieronder.)

Vlaggen gebruiken

Als u op [→] [FLAGS] drukt, verschijnt het FLAGS menu in de display: {SF} {CF} {FS?}

Nadat u de gewenste functie hebt gekozen, vraagt de calculator om een vlagnummer (0–11). U drukt bijvoorbeeld op [→] [FLAGS] {SF} 0 om vlag 0 te activeren, op [→] [FLAGS] {SF} [.] 0 om vlag 10 te activeren en op [→] [FLAGS] {SF} [.] 1 om vlag 11 te activeren.

FLAGS meu

Menutoets	Beschrijving
{SF} *n*	*Actief*. Maakt vlag vlag *n* actief.
{CF} *n*	*Niet actief*. Maakt vlag *n* inactief.
{FS?} *n*	*Is vlag actief?* Test de status van vlag *n*.

Een test van een vlag is een voorwaardelijke test die de uitvoering van het programma op dezelfde wijze beïnvloedt als een vergelijkingstest. De FS? *n* instructie controleert of de aangegeven vlag actief is. Als de vlag actief is, wordt de volgende regel in het programma uitgevoerd. Als de vlag niet actief is, wordt de volgende regel overgeslagen. Dit is

de "Do if True" regel die is uitgelegd in "Voorwaardelijke instructies" eerder in dit hoofdstuk.

Als u een vlag test vanaf het toetsenbord ziet u "YES" of "NO" in de display van de calculator.

Het is een goede gewoonte om in een programma te controleren of de condities die u test, beginnen in een bekende toestand. Vlaggen kunnen door andere, eerder uitgevoerde programma's geactiveerd zijn. U moet niet *veronderstellen* dat een bepaalde vlag niet actief is, en dat de vlag alleen wordt geactiveerd door een instructie in het programma. U moet hier *zeker* van zijn door de vlag inactief te maken voordat er een situatie ontstaat waardoor de vlag geactiveerd wordt. Zie het onderstaande voorbeeld.

Voorbeeld: vlaggen gebruiken.

Het programma voor "Inpassing in een kromme" in hoofdstuk 16 gebruikt de vlaggen 0 en 1 om te bepalen of de natuurlijke logaritme van de X- en Y-waarden berekend wordt:

- Regel S03 en S04 maken deze beide vlaggen inactief, zodat de regels W07 en W11 (in de invoerlusroutine) de natuurlijke logaritme van de X- en Y-invoer *niet* gebruiken voor inpassing in een rechte lijn.
- Regel L03 activeert vlag 0, zodat regel W07 de natuurlijke logaritme van de X-invoer gebruikt voor een kromme behorend bij het logaritmische model.
- Regel E04 activeert vlag 1 zodat regel W11 de natuurlijke logaritme van de Y-invoer gebruikt voor een kromme behorend bij het exponentiële model.
- De regels P03 en P04 activeren beide vlaggen, zodat regel W07 en W11 de natuurlijke logaritme van zowel de X- als de Y-invoer gebruiken voor een kromme behorend bij het machtsmodel.

U ziet dat de regels S03, S04, L04 en E03 de vlaggen 0 en 1 inactief maken om ervoor te zorgen dat ze alleen geactiveerd worden voor de vier modellen voor inpassing in een kromme.

Programmaregels:	Beschrijving:
⋮	
S03 CF 0	Maakt vlag 0, de indicator voor ln$X$ inactief.
S04 CF 1	Maakt vlag 1, de indicator voor ln$Y$ inactief.
⋮	
L03 SF 0	Activeert vlag 0, de indicator voor ln$X$.
L04 CF 1	Maakt vlag 1, de indicator voor ln$Y$ inactief.
⋮	
E03 CF 0	Maakt vlag 0, de indicator voor ln$X$ inactief.
E04 SF 1	Activeert vlag 1, de indicator voor ln$Y$.
⋮	
P03 SF 0	Activeert vlag 0, de indicator voor ln$X$.
P04 SF 1	Activeert vlag 1, de indicator voor ln$Y$.
⋮	
W06 FS? 0	Als vlag 0 actief is ...
W07 LN	... wordt de natuurlijke logaritme van de X-invoer gebruikt.
⋮	
W10 FS? 1	Als vlag 1 actief is ...
W11 LN	... wordt de natuurlijke logaritme van de Y-invoer gebruikt.
⋮	

Voorbeeld: de weergave van breuken regelen.

Met het volgende programma kunt u oefenen met de mogelijkheden die de calculator biedt voor het weergeven van breuken. Het programma vraagt om invoer en gebruikt de ingevoerde waarden voor een breuk en voor een noemer (de /*c* waarde). Ook staan er voorbeelden in het programma voor het gebruik van de drie vlaggen voor de weergave van breuken (7, 8 en 9) en de "meldingenvlag" (10).

De meldingen in dit programma worden weergegeven als `MELDING` en ingevoerd als een vergelijking:

1. Activeer de Vergelijkingenmodus met (↱) (EQN) (de **EQN** indicator verschijnt).
2. Druk op (RCL) *letter* voor elke letter in de melding; druk op (SPACE) (de (R/S) toets) voor elke spatie.
3. Druk op (ENTER) om de melding in te voeren in de huidige programmaregel en de Vergelijkingenmodus te beëindigen.

Programmaregels:	Beschrijving:
F01 LBL F	Start het breukenprogramma.
F02 CF 7	Maakt drie vlaggen voor breuken inactief.
F03 CF 8	
F04 CF 9	
F05 SF 10	Toont meldingen.
F06 DEC	Kiest decimaal grondtal.
F07 INPUT V	Vraagt om invoer van een getal.
F08 INPUT D	Vraagt om een waarde voor de noemer (2 — 4095).
F09 RCL V	
F10 DECIMAAL	Toont eerst de melding en daarna het
F11 PSE	decimale getal.
F12 STOP	
F13 RCL D	
F14 /c	Stelt de /c waarde in en activeert vlag 7.
F15 MEEST NAUWK	Toont eerst de melding en daarna de
F16 PSE	breuk.
F17 STOP	
F18 SF 8	Activeert vlag 8.
F19 FACTOR NOEM	Toont eerst de melding en daarna de
F20 PSE	breuk.
F21 STOP	
F22 SF 9	Activeert vlag 9.
F23 VASTE NOEM	Toont eerst de melding en daarna de
F24 PSE	breuk.
F25 STOP	
F26 GTO F	Gaat naar het begin van het programma.

Checksum en lengte: E6B7 099,0

Gebruik het bovenstaande programma om de verschillende mogelijkheden voor de weergave van breuken te bekijken:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
XEQ F	V?*value*	Voert label F uit; vraagt om een waarde voor een breuk (V).
2.53 R/S	D?*value*	Slaat 2,53 op in V; vraagt om een waarde voor de noemer (D).
16 R/S	DECIMAAL 2,5300	Slaat 16 op als de $/c$ waarde. Toont eerst de melding en daarna het decimale getal.
R/S	MEEST NAUWK ▼ 2 8/15	De melding geeft de breukennotatie aan (noemer niet groter dan 16) en toont daarna de breuk. ▼ geeft aan dat de waarde "iets kleiner" is dan $2\,{}^{5}/_{8}$.
R/S	FACTOR NOEM ▲ 2 1/2	De melding geeft de breukennotatie aan (noemer is een factor van 16) en toont daarna de breuk.
R/S	VASTE NOEM ▲ 2 8/16	De melding geeft de breukennotatie aan (noemer is 16) en toont daarna de breuk.
R/S C ↱ FLAGS {CF} . 0	2,5300	Stopt het programma en maakt vlag 10 inactief.

Lussen

Door vertakkingen naar een eerder punt (een label in een voorafgaande regel) kunt u een gedeelte van een programma meermaals laten uitvoeren. Deze procedure wordt een *lusstructuur* genoemd.

```
D01 LBL D
D02 INPUT M
D03 INPUT N
D04 INPUT T
D05 GTO D
```

Deze routine (uit het programma voor "Coördinaat-transformatie" op pagina 36 in hoofdstuk 15) is een voorbeeld van een *oneindige lus*. Deze lus wordt gebruikt om de initiële gegevens te verzamelen voordat de coördinaat-transformatie wordt uitgevoerd. Na het invoeren van de drie waarden moet de gebruiker deze lus met de hand onderbreken door de gewenste transformatie te kiezen (druk op XEQ N voor oud-naar-nieuw of op XEQ O voor nieuw-naar-oud transformatie).

Voorwaardelijke lussen (GTO)

Als u een bewerking wilt uitvoeren totdat aan een bepaalde voorwaarde wordt voldaan, maar niet weet hoe vaak de lus herhaald moet worden, kunt u een lus met een voorwaardelijke test en een GTO instructie maken.

Zo gebruikt bijvoorbeeld de volgende routine een lus om een waarde A met een constante hoeveelheid B te verminderen tot de uiteindelijke waarde van A kleiner dan of gelijk aan B is.

Programmaregels:	**Beschrijving:**
A01 LBL A	
A02 INPUT A	
A03 INPUT B	
Checksum en lengte: 6157 004,5	
S01 LBL S	
S02 RCL A	Het is gemakkelijker A op te roepen dan te onthouden waar de waarde in het stapelgeheugen staat.
S03 RCL- B	Berekent $A - B$.
S04 STO A	Vervangt de oude A door het nieuwe resultaat.
S05 RCL B	Roept de constante op ter vergelijking.
S06 x<y?	Is $B <$ nieuwe A?
S07 GTO S	Ja: lus wordt gebruikt om het aftrekken te herhalen.
S08 VIEW A	Neen: toont nieuwe A.
S09 RTN	
Checksum en lengte: 5FE1 013,5	

Lussen met tellers (DSE, ISG)

Als u een lus een bepaald aantal keren wilt uitvoeren, gebruikt u de voorwaardelijke functietoetsen ↰ ISG (*verhoging; overslaan indien groter dan*) of ↱ DSE (*verlaging; overslaan indien kleiner dan of gelijk aan*). Telkens wanneer een lus in een programma wordt uitgevoerd, wordt de waarde van een teller die in een variabele is opgeslagen, automatisch *verlaagd* of *verhoogd*. De huidige waarde van de teller wordt vergeleken met een definitieve waarde en afhankelijk van het resultaat wordt de lus herhaald of beëindigd.

Voor een verlaging gebruikt u ↱ DSE *variabele*

Voor een verhoging gebruikt u ↰ ISG *variabele*

Deze functies doen hetzelfde als een FOR-NEXT structuur in BASIC:

FOR *variabele* = *initiële-waarde* TO *definitieve-waarde* STEP *stapgrootte*

⋮

NEXT *variabele*

Een DSE instructie werkt als een FOR-NEXT lus met een negatieve stapgrootte.

Als u op een shift-toets en op ISG of DSE drukt (↰ ISG of ↱ DSE), vraagt de calculator om een variabele waarin het *controlegetal voor de lus* staat (hieronder beschreven).

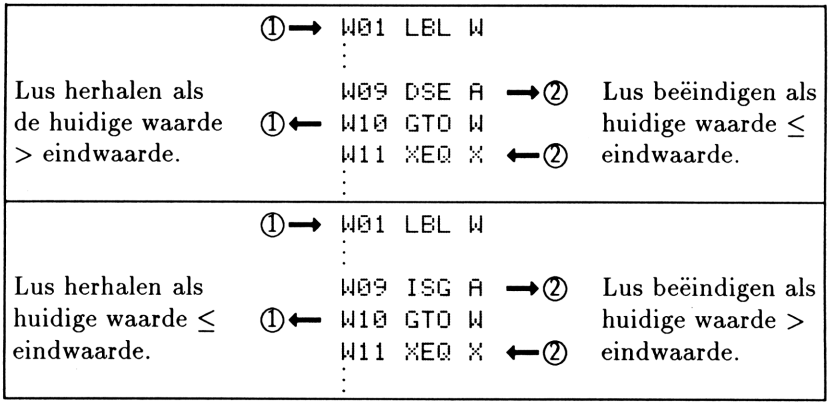
Het controlegetal voor een lus

In de aangegeven variabele moet een controlegetal voor de lus, ±*ccccccc.fffii*, staan, waarbij:

- ±*ccccccc* de huidige waarde van de teller is (maximaal 12 cijfers). Deze waarde *verandert* tijdens het uitvoeren van de lus.
- *fff* de definitieve teller is (moet uit drie cijfers bestaan). Deze waarde verandert *niet* tijdens het uitvoeren van de lus.
- *ii* de stapgrootte van de verhoging of verlaging is (moet uit twee getallen bestaan of niet aangegeven zijn). Deze waarde verandert *niet*. Als geen waarde voor *ii* is aangegeven, wordt 01 gebruikt (verhoging/verlaging met 1).

Bij een gegeven controlegetal voor een lus *ccccccc.fffii*, vermindert DSE *ccccccc* tot *ccccccc* − *ii*, wordt de nieuwe *ccccccc* vergeleken met *fff*, en slaat het programma de volgende programmaregel over als *ccccccc* ≤ *fff*.

Bij een gegeven controlegetal voor een lus *ccccccc.fffii*, verhoogt ISG *ccccccc* tot *ccccccc* + *ii*, wordt de nieuwe *ccccccc* vergeleken met *fff* en slaat het programma de volgende programmaregel over als *ccccccc* > *fff*.



Zo betekent bijvoorbeeld een controlegetal 0.050 voor ISG: begin met tellen bij nul, tel door tot 50 en verhoog het getal met 1 bij elke lus.

In het volgende programma wordt ISG gebruikt om een lus 10 keer uit te voeren. De teller van de lus (0000001.01000) is opgeslagen in de variabele *Z*. Voorafgaande en resterende nullen kunnen weggelaten worden.

```
L01 LBL L
L02 1.01
L03 STO Z
M01 LBL M
M02 ISG Z
M03 GTO M
M04 RTN
```

Druk op ↱ VIEW Z, zodat u kunt zien dat het controlegetal voor de lus nu 11.0100 is.

Variabelen en labels indirect adresseren

Indirecte adressering is een geavanceerde programmeertechniek voor het specificeren van een variabele of een label *zonder vooraf precies aan te geven om welke variabele of label het gaat.* Dit wordt bepaald tijdens de uitvoering van het programma, en is afhankelijk van de tussentijdse resultaten (of gegevens) van het programma.

Bij indirecte adressering worden twee verschillende toetsen gebruikt: (i) (met ·) en ((i)) (met R/S).

Er bestaat geen enkel verband tussen de variabele *I* en ((i)) of de variabele *i*. Deze toetsen zijn actief voor de vele functies waarbij *A* tot en met *Z* als variabelen of labels gebruikt worden.

- *i* is een variabele waarvan de inhoud kan verwijzen naar *een andere* variabele of label. Evenals in alle andere variabelen (*A* tot en met *Z*) staat ook in *i* een getal.
- ((i)) is een programmeerfunctie die de opdracht geeft: "Gebruik het getal in *i* om te bepalen welke variabele of label geadresseerd wordt".
  Dit is een *indirect adres*. (A tot en met Z zijn *directe adressen*.)

(i) en ((i)) worden samen gebruikt om een indirect adres te creëren. (Zie de onderstaande voorbeelden.)

Als *i* alleen wordt gebruikt, is het een gewone variabele.

Als ((i)) alleen wordt gebruikt, is deze functie niet gedefinieerd (geen getal in *i*) of onbepaald (gebruikt het getal dat op dat moment nog in *i* staat).

De variabele "i"

U kunt de inhoud van *i* evenals de inhoud van andere variabelen opslaan, oproepen en wijzigen. U kunt *i* zelfs oplossen of er een integratie mee uitvoeren. De volgende functies kunnen met de variabele *i* werken.

STO i	INPUT i	DSE i
RCL i	VIEW i	ISG i
STO +,−,×,÷ i	$\int$FN d i	
RCL +,−,×,÷ i	SOLVE i	

Het indirecte adres (i)

Veel functies die met A tot en met Z werken (als variabelen of labels) kunnen (i) gebruiken om *indirect* te verwijzen naar A tot en met Z (variabelen of labels) of statistiekregisters. De functie (i) gebruikt de waarde in de variabele *i* om te bepalen welke variabele of label of welk register geadresseerd wordt. In de volgende tabel ziet u hoe dit in zijn werk gaat.

Als inhoud van i is:	adresseert (i):
± 1	variabele *A* of label A
⋮	⋮
±26	variabele *Z* of label Z
±27	variabele *i*
±28	*n* register
±29	Σx register
±30	Σy register
±31	Σx^2 register
±32	Σy^2 register
±33	Σxy register
≥34 of ≤−34 of 0	fout: INVALID i

Alleen de absolute waarde van het gehele deel van het getal in *i* wordt gebruikt voor het adresseren.

INPUT(i) en VIEW(i) tonen in de display de naam van de indirect geadresseerde variabele of het indirect geadresseerde register.

Met het SUMS menu kunt u waarden oproepen uit de statistiekregisters. Maar voor andere bewerkingen, zoals STO, VIEW en INPUT moet u indirecte adressering gebruiken.

De volgende functies kunnen (i) gebruiken als een adres. Bij GTO, XEQ en FN= verwijst (i) naar een label; bij alle andere functies verwijst (i) naar een variabele of een 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)

Programmabesturing met (i)

Omdat de inhoud van *i* telkens nadat het programma is uitgevoerd anders kan zijn, zelfs in verschillende delen van hetzelfde programma, kan een instructie als GTO(i) het programma op verschillende momenten naar een verschillend label laten springen. Hierdoor blijft het programma flexibel, omdat tot de uitvoering van het programma in het midden wordt gelaten welke variabele of programmalabel nodig is. (Zie het eerste voorbeeld hierna.)

Indirecte adressering is bijzonder handig voor het tellen en beheren van lussen. De variabele *i* functioneert als een *index* met het adres van de variabele waarin het controlegetal van de lus voor de functies DSE en ISG staat. (Zie het tweede voorbeeld hierna.)

Voorbeeld: Subroutines kiezen met (i).

Het programma voor "Inpassing in een kromme" in hoofdstuk 16 gebruikt indirecte adressering om te bepalen welk model gebruikt moet worden om de geschatte waarden voor x en y te berekenen. (Verschillende subroutines berekenen x en y voor de verschillende modellen). Vergeet niet dat *i* in ver uit elkaar liggende delen van het programma opgeslagen en indirect geadresseerd wordt.

De eerste vier routines van het programma (S, L, E, P) geven aan welk model voor inpassing in een kromme wordt gebruikt, en wijzen aan ieder model een nummer toe (1, 2, 3, 4). Vervolgens wordt dit nummer opgeslagen tijdens routine Z, het centrale ingangspunt voor alle modellen:

```
Z03 STO i
```

Routine Y gebruikt i om de juiste subroutine (per model) op te roepen en de schattingen van x en y te berekenen. Regel Y03 roept de subroutine voor het berekenen van $\hat{y}$ op:

```
Y03 XEQ( i)
```

en regel Y08 roept een andere subroutine op om $\hat{x}$ te berekenen nadat i met 6 is verhoogd:

```
Y06 6
Y07 STO+ i
Y08 XEQ( i)
```

In i staat:	XEQ(i) roept op:	Berekening:
1	LBL A	Berekenen van $\hat{y}$ voor rechte-lijn-model.
2	LBL B	Berekent $\hat{y}$ voor logaritmisch model.
3	LBL C	Berekent $\hat{y}$ voor exponentieel model.
4	LBL D	Berekent $\hat{y}$ voor machtsmodel.
7	LBL G	Berekent $\hat{x}$ voor rechte-lijn-model.
8	LBL H	Berekent $\hat{x}$ voor logaritmisch model.
9	LBL I	Berekent $\hat{x}$ voor exponentieel model.
10	LBL J	Berekent $\hat{x}$ voor machtsmodel.

Voorbeeld: een lus aangeven met (i).

Een indexwaarde in i wordt gebruikt in het programma "Stelsels van vergelijkingen oplossen" in hoofdstuk 15. Dit programma gebruikt de lusinstructies `ISG i` en `DSE i` in combinatie met de indirecte instructies `RCL( i)` en `STO( i)` voor het invullen en manipuleren van een matrix.

Het eerste deel van het programma is routine A, die het eerste controlegetal voor de lus opslaat in i.

Programmaregels:	Beschrijving:
A01 LBL A	Het startpunt voor de gegevensinvoer.
A02 1.012	Het controlegetal voor de lus: voert een lus 12 keer uit met intervallen van 1.
A03 STO i	Slaat het controlegetal voor de lus op in *i*.

De volgende routine is L, een lus voor het verzamelen van alle 12 bekende waarden van een 3×3 matrix (variabelen *A–I*) en de drie constanten (*J–L*) van de vergelijkingen.

Programmaregels:	Beschrijving:
L01 LBL L	Deze routine verzamelt alle bekende waarden in drie vergelijkingen.
L02 INPUT(i)	Vraagt om een getal en slaat dit op in de door *i* geadresseerde variabele.
L03 ISG i	Telt 1 op bij *i* en herhaalt de lus tot *i* de waarde 13,012 bereikt.
L04 GTO L	
L05 GTO A	Als *i* groter is dan de laatste tellerwaarde, springt het programma weer naar A.

Label J is een lus die de inversie van de 3×3 matrix voltooit.

Programmaregels:	Beschrijving:
J01 LBL J	Deze routine voltooit de inversie door een deling door de determinant.
J02 STO÷(i)	Deelt element.
J03 DSE i	Verlaagt de index, zodat deze dichter bij *A* komt.
J04 GTO J	Voert de lus uit voor de volgende waarde.
J05 RTN	Gaat terug naar het programma vanwaaruit J werd opgeroepen of naar PRGM TOP.

Vergelijkingen met (i)

U kunt **(i)** in een vergelijking gebruiken om een variabele indirect te specificeren. Let erop dat **(i)** de variabele aangeeft die wordt aangeduid door het getal in de variabele *i* (een *indirecte* verwijzing), maar dat i of (i) direct verwijst naar de variabele *i*.

Het volgende programma gebruikt een vergelijking om de som van de kwadraten van de variabelen *A* tot en met *Z* te berekenen.

Programmaregels:	**Beschrijving:**
E01 LBL E	Start het programma.
E02 CF 10	Maakt vergelijkingen klaar voor uitvoering.
E03 CF 11	Zorgt ervoor dat vanuit de vergelijking niet om waarden wordt gevraagd.
E04 1.026	Stelt de teller in op 1 tot 26.
E05 STO i	Slaat de teller op.
E06 0	Initialiseert de sommatie.

Checksum en lengte: EA5F 017,0

F01 LBL F	Start een sommatielus.
F02 i^2	Vergelijking voor het berekenen van het *i*de kwadraat. (Druk op ↗ EQN om de vergelijking te starten.)

Checksum en lengte van vergelijking: 48AD 006,0

F03 +	Telt *i*de kwadraat op bij de som.
F04 ISG i	Test of het einde van de lus is bereikt.
F05 GTO F	Springt naar de volgende variabele.
F06 RTN	Beëindigt het programma.

Checksum en lengte van programma: 19A8 013,5

14

Programma's voor het oplossen en integreren van functies

Een programma voor het oplossen van een functie

In hoofdstuk 7 is uitgelegd hoe u een vergelijking kunt invoeren (deze wordt toegevoegd aan de Vergelijkingenlijst) en vervolgens willekeurige variabelen kunt oplossen. U kunt ook een *programma* invoeren dat een functie berekent, en vervolgens *hiermee* willekeurige variabelen oplossen. Dit is vooral handig als de vergelijking die u oplost in bepaalde omstandigheden gewijzigd wordt of als een berekening herhaald moeten worden.

Een geprogrammeerde functie oplossen:

1. Voer een programma in dat de functie definieert. (Zie "Een programma schrijven voor SOLVE" verder in dit hoofdstuk.)
2. Kies het programma dat opgelost moet worden: druk op [↱] [FN=] *label*. (U kunt deze stap overslaan als u hetzelfde programma opnieuw oplost).
3. De onbekende variabele oplossen: druk op [↱] [SOLVE] *variabele*.

Let erop dat FN= wel vereist is als u een geprogrammeerde functie oplost, maar niet als u een vergelijking uit de Vergelijkingenlijst oplost.

Als u een bewerking wilt onderbreken, drukt u op [C] of [R/S].
De huidige beste benadering van de wortel staat in de onbekende variabele; gebruik [↱] [VIEW] om deze waarde te bekijken zonder het stapelgeheugen te beïnvloeden. Druk op [R/S] om door te gaan met de bewerking.

Een programma schrijven voor SOLVE:

Het programma kan werken met vergelijkingen en RPN bewerkingen; gebruik de combinatie die voor u het handigst is.

1. Begin het programma met een *label*. Deze label geeft aan welke functie u met SOLVE moet evalueren (FN=*label*).
2. Neem voor iedere variabele, inclusief de onbekende, een INPUT instructie op in het programma. INPUT instructies maken het mogelijk een willekeurige variabele op te lossen in een functie met meerdere variabelen. De calculator negeert de INPUT instructie voor de *onbekende*, zodat u slechts één programma hoeft te schrijven waarin een *afzonderlijke* instructie voor *iedere* variabele (inclusief de onbekende) is opgenomen.

   Als u geen INPUT instructies geeft, gebruikt het programma de waarden die in de variabelen zijn opgeslagen of zijn ingevoerd nadat een vergelijking om een waarde heeft gevraagd.
3. Voer de instructies voor het evalueren van de functie in.
   - Een functie die als een RPN reeks van meerdere regels geprogrammeerd wordt, voert u in als een uitdrukking die bij oplossing gelijk is aan nul. Als de vergelijking de vorm $f(x) = g(x)$ heeft, moet het programma $f(x) - g(x)$ berekenen. Hierbij wordt "=0" aangenomen.
   - Wanneer u een functie als een vergelijking programmeert, kunt u een willekeurig type gebruiken—gelijkheid, toekenning of uitdrukking. De vergelijking wordt geëvalueerd door het programma en de waarde wordt bij het oplossen gelijkgesteld aan nul. Als u geen INPUT instructies wilt gebruiken, maar wel wilt dat de vergelijking om de waarde van de variabelen vraagt, moet u ervoor zorgen dat vlag 11 actief is.
4. Beëindig het programma met een RTN. Nadat het programma is uitgevoerd, moet de waarde van de functie in het X-register staan.

SOLVE werkt alleen met *reële getallen*. Maar als u een functie met complexe waarden hebt, die herschreven kan worden in een vorm waarbij het reële en imaginaire deel gescheiden worden, kan SOLVE de delen afzonderlijk oplossen.

Voorbeeld: een programma waarbij RPN wordt gebruikt.

Schrijf een programma met behulp van RPN bewerkingen dat iedere onbekende variabele oplost in de vergelijking voor de wet van Boyle-Gay-Lussac. De vergelijking is:

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

waarbij:

P = Druk (atmosfeer of N/m^2).
V = Volume (liter).
N = Hoeveelheid gas in mol.
R = De universele gasconstante (0,0821 liter-atm/mol-K of 8,314 J/mol-K).
T = Temperatuur (Kelvin; K = °C + 273,1).

Stel als eerste de Programmamodus in; verplaats zo nodig de programmacursor naar het begin van het programmageheugen.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[↰] [PRGM] [↰] [GTO] [·] [·]	PRGM TOP	Stelt de Programmamodus in.

Toets het programma in:

Programmaregels:	Beschrijving:
G01 LBL G	Geeft de geprogrammeerde functie aan.
G02 INPUT P	Slaat P op.
G03 INPUT V	Slaat V op.
G04 INPUT N	Slaat N op.
G05 INPUT R	Slaat R op.
G06 INPUT T	Slaat T op.
G07 RCL P	Druk.
G08 RCL× V	Druk × volume.
G09 RCL N	Hoeveelheid gas in mol.
G10 RCL× R	Mol × gasconstante.

Programmaregels:	Beschrijving:
G11 RCL× T	Mol × gasconstante × temp.
G12 −	$(P \times V) - (N \times R \times T)$.
G13 RTN	Beëindigt het programma.

Checksum en lengte: 053B 019,5

Druk op [C] om de Programmamodus te annuleren.

Gebruik het programma "G" om de druk te berekenen van 0,005 mol koolstofdioxide in een fles van 2 liter bij 24 °C.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[↱] [FN=] G		Kiest "G" — het programma dat SOLVE evalueert om de waarde van de onbekende variabele te berekenen.
[↱] [SOLVE] P	V?*value*	Kiest P; vraagt om waarde voor V.
2 [R/S]	N?*value*	Slaat 2 op in V; vraagt om een waarde voor N.
.005 [R/S]	R?*value*	Slaat 0,005 op in N; vraagt om een waarde voor R.
.0821 [R/S]	T?*value*	Slaat 0,0821 op in R; vraagt om een waarde voor T.
24 [ENTER] 273.1 [+]	T?297,1000	Berekent T.
[R/S]	SOLVING P=0,0610	Slaat 297,1 op in T; lost P op. De druk is 0,0610 atm.

Voorbeeld: een programma waarbij een vergelijking wordt gebruikt:

Schrijf een programma waarbij een *vergelijking* wordt gebruikt om de "Wet van Boyle-Gay-Lussac" op te lossen.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[↰] [PRGM] [↰] [GTO] [·] [·]	PRGM TOP	Kiest de Programmamodus. Verplaatst de programmacursor naar het begin van de programmalijst.
[↰] [LBL] H	H01 LBL H	Geeft het programma een label.
[↱] [FLAGS] {SF} [·] 1	H02 SF 11	Activeert het vragen om waarden in vergelijkingen.
[↱] [EQN] [RCL] P [×] [RCL] V [↱] [=] [RCL] N [×] [RCL] R [×] [RCL] T [ENTER]	H03 P×V=N×R×	Evalueert de vergelijking en maakt vlag 11 inactief. (Checksum en lengte: 13E3 015,0).
[↱] [RTN]	H04 RTN	Beëindigt het programma.
[C]	0,0610	Annuleert de Programmamodus.

Checksum en lengte van programma: 8AD6 19,5

Bereken nu de verandering van de druk van het koolstofdioxide als de temperatuur uit het vorige voorbeeld met 10 °C daalt.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
STO L	0,0610	Slaat vorige druk op.
↱ FN= H	0,0610	Kiest het programma "H".
↱ SOLVE P	V?2,0000	Kiest de variabele P; vraagt om waarde voor V.
R/S	N?0,0050	Laat 2 in V staan; vraagt om een waarde voor N.
R/S	R?0,0821	Laat 0,005 in N staan; vraagt om een waarde voor R.
R/S	T?297,1000	Laat 0,0821 in R staan; vraagt om een waarde voor T.
ENTER 10 −	T?287,1000	Berekent nieuwe waarde van T.
R/S	SOLVING P=0,0589	Slaat 287,1 op in T; lost nieuwe P op.
RCL L −	-0,0021	Berekent de verandering van de druk van het gas als de temperatuur daalt van 297,1 K naar 287,1 K (de negatieve oplossing geeft een daling van de druk aan).

SOLVE gebruiken in een programma

U kunt de bewerking SOLVE als onderdeel van een programma gebruiken.

Geef waar nodig initiële schattingen aan (in de onbekende variabele en het X-register) of laat het programma om deze schattingen vragen, voordat u de instructie SOLVE *variabele* uitvoert. De twee instructies voor het oplossen van een onbekende variabele in een vergelijking zien er in een programma als volgt uit:

FN= *label*
SOLVE *variabele*

De *geprogrammeerde* SOLVE instructie levert geen display met een label op (*variabele=waarde*), omdat dit niet altijd de significante uitvoer voor uw programma is (misschien wilt u met dit getal eerst andere berekeningen uitvoeren voordat het in de display wordt gezet). Als u wilt dat dit resultaat *wel* getoond wordt, plaatst u achter de SOLVE instructie de instructie VIEW *variabele*.

Als er geen oplossing voor de onbekende variabele is gevonden, wordt de volgende programmaregel overgeslagen (volgens de "Do if True" regel die in hoofdstuk 13 is uitgelegd). Daarna moet het programma het probleem van een niet gevonden wortel in principe kunnen oplossen, door bijvoorbeeld nieuwe initiële schattingen te kiezen, of een ingevoerde waarde te wijzigen.

Voorbeeld: SOLVE in een programma.

Het volgende voorbeeld komt uit een programma waarmee u x of y kunt oplossen door op [XEQ] X of Y te drukken.

Programmaregels:	Beschrijving:
X01 LBL X	Labelt het programma met X.
X02 24	Index voor X.
X03 GTO L	Springt naar de hoofdroutine.
Checksum en lengte: CCEC 004,5	
Y01 LBL Y	Stelt Y in.
Y02 25	Index voor Y.
Y03 GTO L	Springt naar de hoofdroutine.
Checksum en lengte: 2E48 004,5	
L01 LBL L	Hoofdroutine.
L02 STO i	Slaat de index op in i.
L03 FN= F	Definieert het programma dat opgelost moet worden.
L04 SOLVE(i)	Lost de betreffende variabele op.
L05 VIEW(i)	Toont de oplossing.
L06 RTN	Beëindigt het programma.
Checksum en lengte: E159 009,0	
F01 LBL F ⋮ F10 RTN	Berekent $f(x,y)$. Plaats waar nodig een INPUT instructie of een aanroep voor een variabele in een vergelijking.

Een programma integreren

In hoofdstuk 8 is uitgelegd hoe u een vergelijking (of uitdrukking) kunt invoeren—toevoegen aan de Vergelijkingenlijst—en vervolgens naar een willekeurige variabele kunt integreren. U kunt ook een *programma* invoeren dat een functie berekent, en *dit programma* integreren naar een willekeurige variabele. Dit is vooral handig als de functie die u integreert in bepaalde omstandigheden verandert, of als berekeningen herhaald worden.

Een geprogrammeerde functie integreren:

1. Voer een programma in dat de functie van de integrand definieert. (Zie "Een programma schrijven voor $\int$FN" verder in dit hoofdstuk.)
2. Kies het programma dat de te integreren functie definieert: druk op [↱] [FN=] *label*. (U kunt deze stap overslaan als u hetzelfde programma voor de tweede keer integreert).
3. Voer de integratiegrenzen in: toets de *ondergrens* in en druk op [ENTER]; toets vervolgens de *bovengrens* in.
4. Kies de integratievariabele en start de berekening: druk op [↱] [SOLVE] *variabele*.

Let erop dat FN= wel vereist is als u een geprogrammeerde functie integreert, maar niet als u een vergelijking van de Vergelijkingenlijst integreert.

U kunt een integratie tijdens het uitvoeren onderbreken door op [C] of [R/S] te drukken. Er is echter geen informatie over de integratie beschikbaar totdat de bewerking op normale wijze is afgesloten. Druk op [R/S] als u met de berekening wilt doorgaan. Als u op [XEQ] drukt tijdens het uitvoeren van een integraalrekening, wordt de $\int$FN bewerking geannuleerd. In dit geval moet u $\int$FN opnieuw vanaf het begin starten.

Een programma schrijven voor $\int$FN:

Het programma kan werken met vergelijkingen en RPN bewerkingen; gebruik de combinatie die voor u het handigst is.

1. Begin het programma met een *label*. Deze label geeft aan welke functie u wilt integreren (FN=*label*).

2. Neem voor iedere variabele, inclusief de integratievariabele, een INPUT instructie op in het programma. INPUT instructies maken het mogelijk om in een functie met meerdere variabelen naar iedere willekeurige variabele te integreren. De calculator negeert de INPUT instructie voor de integratievariabele, zodat u slechts één programma hoeft te schrijven waarin een *afzonderlijke* instructie voor *iedere* variabele (inclusief de integratievariabele) is opgenomen.

   Als u geen INPUT instructies geeft, gebruikt het programma de waarden die in de variabelen zijn opgeslagen of zijn ingevoerd nadat een vergelijking om een waarde heeft gevraagd.

3. Voer de instructies voor het evalueren van de functie in.

   - Een functie die als een RPN reeks van meerdere regels wordt geprogrammeerd, moet de functiewaarden berekenen die u wilt integreren.
   - Een functie die als een vergelijking is geprogrammeerd, wordt meestal gebruikt als een uitdrukking die de integrand specificeert; desondanks kan elke soort vergelijking gebruikt worden. Als u wilt dat de vergelijking om invoer voor waarden van variabelen vraagt, moet u ervoor zorgen dat vlag 11 actief is.

4. Beëindig het programma met een RTN. Nadat het programma is uitgevoerd, moet de waarde van de functie in het X-register staan.

Voorbeeld: een programma waarin een vergelijking wordt gebruikt.

De functie voor de sinusintegraal in het voorbeeld in hoofdstuk 8 is:

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

Deze functie kan geëvalueerd worden door een programma te integreren dat de integrand definieert:

```
001 LBL          Definieert de functie.
002 SIN(X)÷X     De functie in de vorm van een uitdrukking.
                 (Checksum en lengte: 4914 009,0).
003 RTN          Beëindigt de subroutine
```

Checksum en lengte van programma: C62A 012,0

Voer dit programma in en integreer de functie voor de sinusintegraal naar x van 0 tot 2 ($t = 2$).

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[←] [MODES] {RD}		Kiest de Radiaalmodus.
[→] [FN=] S		Kiest label S als de integrand.
0 [ENTER] 2	2_	Voert onder- en bovengrenzen van de integratie in.
[→] [∫] X	INTEGRATING 1,6054	Integreert de functie van 0 tot 2; toont resultaat.
[←] [MODES] {DG}	1,6054	Herstelt de Gradenmodus.

Integratie gebruiken in een programma

Integratie kan vanuit een programma uitgevoerd worden. Denk eraan dat u de integratiegrenzen aangeeft of het programma erom laat vragen voordat de integratie wordt uitgevoerd, en vergeet niet dat de nauwkeurigheid en de duur van de uitvoering afhankelijk zijn van de display instelling tijdens het uitvoeren van het programma. De twee instructies voor de integratie zien er in het programma als volgt uit:

FN= *label*
∫FN d *variabele*

De *geprogrammeerde* ∫FN instructie levert geen display met een label op (∫=*value*) omdat dit niet altijd de significante uitvoer voor uw programma is (misschien wilt u met dit getal eerst andere berekeningen uitvoeren voordat het in de display komt). Als u wilt dat dit resultaat *wel* wordt getoond, moet u een PSE ([→] [PSE]) of STOP ([R/S]) instructie plaatsen achter de ∫FN instructie, zodat het resultaat in het X-register wordt getoond.

Voorbeeld: ∫FN in een programma.

Het programma voor "Normale distributie en inverse normale distributie" in hoofdstuk 16 bevat een integratie van de vergelijking van de functie voor normale dichtheid.

$$\frac{1}{S\sqrt{2\pi}}\int_{M}^{D} e^{-(\frac{D-M}{S})^2/2} dD.$$

De $e^{((D-M)\div S)^2\div 2}$ functie wordt berekend door de routine met de label F.
Andere routines vragen om de bekende waarden en voeren andere berekeningen uit om $Q(D)$, de oppervlakte van het boven-staartstuk van een normale kromme te berekenen. De integratie zelf wordt ingesteld en uitgevoerd vanuit routine Q:

```
001  LBL Q
002  RCL M      Roept de ondergrens van de integratie op.
003  RCL X      Roept de bovengrens van de integratie op.
                (X = D.)
004  FN= F      Specificeert de functie.
005  ∫FN d D    Integreert de normale functie met behulp van de
:               tijdelijke variabele D.
```

Beperkingen voor het oplossen en integreren van programma's

De instructies SOLVE *variabele* en ∫FN d *variabele* kunnen geen routine oproepen waarin een andere SOLVE of ∫FN instructie staat. Dit betekent dat geen van beide instructies "recursief" gebruikt kan worden. Als u bijvoorbeeld probeert een meervoudige integraal te berekenen, krijgt u een ∫(∫FN) fout. Ook kunnen SOLVE en ∫FN geen routine oproepen waarin de instructie FN=*label* staat; als u dit probeert, krijgt u de melding SOLVE ACTIVE of ∫FN ACTIVE. SOLVE kan geen routine oproepen waarin een ∫FN instructie staat (geeft de foutmelding SOLVE(∫FN)), en evenmin kan ∫FN een routine oproepen waarin een SOLVE instructie staat (geeft de foutmelding ∫(SOLVE)).

De instructies SOLVE *variabele* en ∫FN d *variabele* in een programma gebruiken één van de zeven Returns voor de subroutines die beschikbaar zijn in de calculator. (Zie "Geneste subroutines" in hoofdstuk 13)

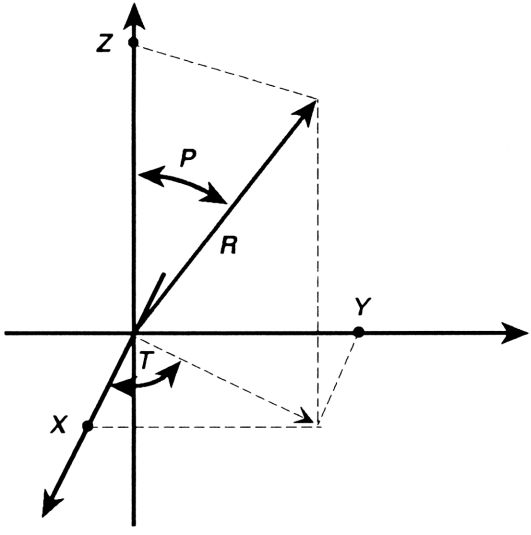
De SOLVE en ∫FN bewerkingen stellen de display automatisch in op het decimale grondtal.

15

Wiskundige programma's

Vectorbewerkingen

Dit programma voert de standaard vectorbewerkingen optellen, aftrekken, uitwendig en inwendig (of scalair) produkt uit. Het programma gebruikt driedimensionale vectoren en voert gegevens met rechthoekige of polaire notatie in of uit. Ook kunnen hoeken tussen vectoren berekend worden.



Dit programma gebruikt de volgende vergelijkingen.

Conversie van coördinaten:

$$X = R\sin(P)\cos(T) \qquad R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

$$Y = R\sin(P)\sin(T) \qquad T = \arctan(\mathrm{Y/X})$$

$$Z = R\cos(P) \qquad P = \arctan\frac{Z}{\sqrt{X^2+Y^2}}$$

Vectoren optellen en aftrekken:

$$\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2 = (X + U)\mathbf{i} + (Y + V)\mathbf{j} + (Z + W)\mathbf{k}$$

$$\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1 = (U - X)\mathbf{i} + (V - Y)\mathbf{j} + (W - Z)\mathbf{k}$$

Uitwendig produkt:

$$\mathbf{v}_1 \times \mathbf{v}_2 = (YW - ZV)\mathbf{i} + (ZU - XW)\mathbf{j} + (XV - YU)\mathbf{k}$$

Inwendig produkt:

$$D = XU + YV + ZW$$

Hoeken tussen vectoren (γ):

$$G = \arccos\frac{D}{R_1 \times R_2}$$

waarbij:

$\mathbf{v}_1 = X\mathbf{i} + Y\mathbf{j} + Z\mathbf{k}$

en

$\mathbf{v}_2 = U\mathbf{i} + V\mathbf{j} + W\mathbf{k}$

De door de invoerroutines (LBL P en LBL R) getoonde vector is V_1.

Programma:

Programmaregels:	Beschrijving:
R01 LBL R	Definieert het begin van de routine voor rechthoekige invoer/weergave.
R02 INPUT X	Toont of accepteert invoer van X.
R03 INPUT Y	Toont of accepteert invoer van Y.
R04 INPUT Z	Toont of accepteert invoer van Z.

Checksum en lengte: F8AB 006,0

Q01 LBL Q	Definieert het begin van de conversie van rechthoekig naar polair.
Q02 RCL Y	
Q03 RCL X	
Q04 y,x→θ,r	Berekent $\sqrt{(X^2+Y^2)}$ en arctan(Y/X).
Q05 x<>y	
Q06 STO T	Slaat T = arctan(Y/X) op.
Q07 R↓	Roept $\sqrt{(X^2+Y^2)}$ opnieuw op.
Q08 RCL Z	
Q09 y,x→θ,r	Berekent $\sqrt{(X^2+Y^2+Z^2)}$ en P.
Q10 STO R	Slaat R op.
Q11 x<>y	
Q12 STO P	Slaat P op.

Checksum en lengte: 3D28 018,0

P01 LBL P	Definieert het begin van de routine voor polaire invoer/weergave.
P02 INPUT R	Toont of accepteert invoer voor R.
P03 INPUT T	Toont of accepteert invoer voor T.
P04 INPUT P	Toont of accepteert invoer voor P.
P05 RCL T	
P06 RCL P	
P07 RCL R	
P08 θ,r→y,x	Berekent $R\cos(P)$ en $R\sin(P)$.
P09 STO Z	Slaat $Z = R\cos(P)$ op.
P10 R↓	
P11 θ,r→y,x	Berekent $R\sin(P)\cos(T)$ en $R\sin(P)\sin(T)$.
P12 STO X	Slaat $X = R\sin(P)\cos(T)$ op.
P13 x<>y	
P14 STO Y	Slaat $Y = R\sin(P)\sin(T)$ op.
P15 GTO P	Herhaalt de lus voor weergave in polaire notatie.

Checksum en lengte: D518 022,5

Programmaregels:	Beschrijving:
E01 LBL E	Definieert het begin van de routine voor het invoeren van een vector.
E02 RCL X	Kopieert waarden in X, Y en Z naar respectievelijk U, V en W.
E03 STO U	
E04 RCL Y	
E05 STO V	
E06 RCL Z	
E07 STO W	
E08 GTO Q	Herhaalt de lus voor de polaire conversie en weergave/invoer.

Checksum en lengte: 1032 012,0

X01 LBL X	Definieert het begin van de routine voor het uitwisselen van vectoren.
X02 RCL X	Verwisselt X, Y en Z met respectievelijk U, V en 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	Herhaalt de lus voor de polaire conversie en weergave/invoer.

Checksum en lengte: DAC6 016,5

A01 LBL A	Definieert het begin van de routine voor het optellen van vectoren.
A02 RCL X	
A03 RCL+ U	
A04 STO X	Slaat $X + U$ in X op.
A05 RCL V	
A06 RCL+ Y	
A07 STO Y	Slaat $V + Y$ in Y op.
A08 RCL Z	
A09 RCL+ W	
A10 STO Z	Slaat $Z + W$ in Z op.

Programmaregels:	Beschrijving:
A11 GTO Q	Herhaalt de lus voor polaire conversie en weergave/invoer.

Checksum en lengte: 641B 016,5

S01 LBL S	Definieert het begin van de routine voor het van elkaar aftrekken van vectoren.
S02 -1	Vermenigvuldigt X, Y en Z met (-1) om van teken te veranderen.
S03 STO× X	
S04 STO× Y	
S05 STO× Z	
S06 GTO A	Gaat naar de routine voor het optellen van vectoren.

Checksum en lengte: D051 017,0

C01 LBL C	Definieert het begin van de routine voor het uitwendig produkt.
C02 RCL Y	
C03 RCL× W	
C04 RCL Z	
C05 RCL× V	
C06 -	Berekent $(YW - ZV)$; dit is de X component.
C07 RCL Z	
C08 RCL× U	
C09 RCL X	
C10 RCL× W	
C11 -	Berekent $(ZU - WX)$; dit is de Y component.
C12 RCL X	
C13 RCL× V	
C14 RCL Y	
C15 RCL× U	
C16 -	
C17 STO Z	Slaat $(XV - YU)$ op; dit is de Z component.
C18 R↓	
C19 STO Y	Slaat de Y component op.
C20 R↓	
C21 STO X	Slaat de X component op.
C22 GTO Q	Herhaalt de lus voor polaire conversie en weergave/invoer.

Checksum en lengte: FEB2 033,0

Programmaregels:	Beschrijving:
D01 LBL D	Definieert het begin van de routine voor het inwendig produkt en de hoek van de vector.
D02 RCL X	
D03 RCL× U	
D04 RCL Y	
D05 RCL× V	
D06 +	
D07 RCL Z	
D08 RCL× W	
D09 +	
D10 STO D	Slaat het inwendig produkt van $XU + YV + ZW$ op.
D11 VIEW D	Toont het inwendig produkt.
D12 RCL D	
D13 RCL÷ R	Deelt het inwendig produkt door de grootte van de X-, Y-, Z-vector.
D14 RCL W	
D15 RCL V	
D16 RCL U	
D17 y,x→θ,r	
D18 x<>y	
D19 R↓	
D20 y,x→θ,r	Berekent de grootte van de vector U, V, W.
D21 x<>y	
D22 R↓	
D23 ÷	Deelt het vorige resultaat door de grootte.
D24 ACOS	Berekent de hoek.
D25 STO G	
D26 VIEW G	Toont de hoek.
D27 GTO P	Herhaalt de lus voor polaire weergave/invoer.

Checksum en lengte: 1DFC 040,5

Gebruikte vlaggen:

Geen.

Vereiste geheugenruimte:

270 bytes: 182 voor het programma, 88 voor de variabelen.

Opmerkingen:

U kunt de lengte van routine S 6,5 bytes korter maken. De waarde -1 gebruikt in deze vorm 9,5 bytes. Als de waarde weergegeven wordt als 1, gevolgd door +/−, zijn slechts 3 bytes nodig. U drukt hiervoor op [→] [SHOW] [+/−].

In dit hoofdstuk worden de termen voor een tweedimensionaal stelsel, "polair" en "rechthoekig" gebruikt, in plaats van de juiste termen "bol" en "Cartesisch" voor een driedimensionaal stelsel. Door gebruik van deze terminologie kunnen labels met de letter van een functie worden aangeduid zonder dat dit verwarring oplevert. Als bijvoorbeeld LBL C verwijst naar een Cartesische invoer van coördinaten, kan deze letter niet meer gebruikt worden voor Cross Product (uitwendig produkt).

Aanwijzingen voor het invoeren van een programma:

1. Toets de programmaroutines in: druk daarna op [C].
2. Als de vector in rechthoekige notatie staat, drukt u op [XEQ] R en gaat u verder met stap 4. Als de vector in polaire notatie staat, drukt u op [XEQ] P en gaat u verder met stap 3.
3. Toets R in en druk op [R/S], toets T in en druk op [R/S] en toets daarna P in en druk op [R/S]. Ga verder met stap 5.
4. Toets X in en druk op [R/S], toets Y in en druk op [R/S] en toets Z in en druk op [R/S].
5. Voor het invoeren van een tweede vector drukt u op [XEQ] E (voor Enter) en gaat u verder met stap 2.
6. Voer de gewenste vectorbewerking uit:
   a. Tel de vectoren op door op [XEQ] A te drukken;
   b. Trek vector één van vector twee af door op [XEQ] S te drukken;
   c. Bereken het uitwendig produkt door op [XEQ] C te drukken;
   d. Bereken het inwendig produkt door op [XEQ] D te drukken en de hoek tussen de vectoren door op [R/S] te drukken.
7. Optioneel: druk op [XEQ] P om $\mathbf{v}_1$ in polaire vorm te bekijken, en druk daarna meerdere malen op [R/S] om de afzonderlijke elementen te bekijken.

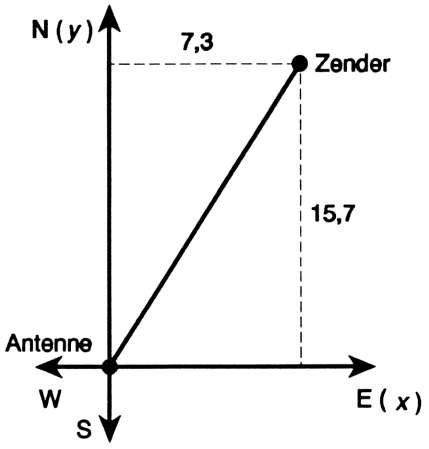
8. Optioneel: druk op [XEQ] R om $\mathbf{v}_1$ in de rechthoekige notatie te bekijken, en druk daarna meerdere malen op [R/S] om de afzonderlijke elementen te bekijken.
9. Als u vectoren hebt opgeteld, van elkaar afgetrokken of het uitwendig produkt hebt berekend, is $\mathbf{v}_1$ vervangen door het resultaat. $\mathbf{v}_2$ is niet gewijzigd. Denk eraan dat u bij nieuwe berekeningen die op het resultaat gebaseerd zijn, eerst op [XEQ] drukt voordat u een nieuwe vector intoetst.
10. Ga verder met stap 2 als u door wilt gaan met vectorbewerkingen.

Gebruikte variabelen:

X, Y, Z	De rechthoekige componenten van $\mathbf{v}_1$.
U, V, W	De rechthoekige componenten van $\mathbf{v}_2$.
R, T, P	De straal, de hoek in het x-y gebied (θ), en de hoek van $\mathbf{v}_1$ met de Z as (U) .
D	Het inwendig produkt.
G	De hoek tussen de vectoren (γ).

Voorbeeld 1:

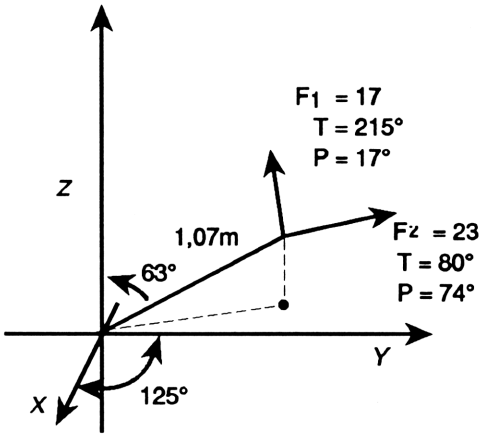
Een microgolfantenne moet gericht worden op een zender die 15,7 kilometer naar het noorden, 7,3 kilometer naar het oosten en 0,76 kilometer lager ligt. Gebruik de conversiemogelijkheid van rechthoekige naar polaire notatie om de totale afstand en de richting naar de zender te berekenen.



Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↩ MODES {DG}		Stelt de Gradenmodus in.
XEQ R	X?*value*	Start de routine voor rechthoekige invoer/weergave.
7.3 R/S	Y?*value*	Stelt X gelijk aan 7,3.
15.7 R/S	Z?*value*	Stelt Y gelijk aan 15,7.
.76 +/- R/S	R?17,3308	Stelt Z gelijk aan −0,76 en berekent R, de straal.
R/S	T?65,0631	Berekent T, de hoek in het x/y vlak.
R/S	P?92,5134	Berekent P, de hoek met de z-as.

Voorbeeld 2:

Wat is het moment in de oorsprong van de onderstaande hefboom? Wat is de component van de kracht langs de hefboom? Wat is de hoek tussen de resultante van de krachtvectoren en de hefboom?



Tel eerst de krachtvectoren op.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
XEQ P	R?*value*	Start de routine voor polaire invoer.
17 R/S	T?*value*	Stelt een straal van 17 in.
215 R/S	P?*value*	Stelt T gelijk aan 215.
17 R/S	R?17,0000	Stelt P gelijk aan 17.
XEQ E	R?17,0000	Voert de vector in door deze te kopiëren naar $\mathbf{v}_2$.
23 R/S	T?-145,0000	Stelt voor $\mathbf{v}_1$ de straal gelijk aan 23.
80 R/S	P?17,0000	Stelt T gelijk aan 80.
74 R/S	R?23,0000	Stelt P gelijk aan 74.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
XEQ A	R?29,4741	Telt de vectoren op en toont de resultante vector *R*.
R/S	T?90,7032	Toont *T* van de resultante.
R/S	P?39,9445	Toont *P* van de resultante.
XEQ E	R?29,4741	Voert de resultante in.

Omdat het moment gelijk is aan het uitwendig produkt van de straalvector en de krachtvector (**r** × **F**), toetst u de vector in die de hefboom weergeeft en berekent u het uitwendig produkt.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
1.07 R/S	T?90,7032	Stelt *R* gelijk aan 1,0.
125 R/S	P?39,9445	Stelt *T* gelijk aan 125.
63 R/S	R?1,0700	Stelt *P* gelijk aan 63.
XEQ C	R?18,0209	Berekent het uitwendig produkt en toont *R* van het resultaat.
R/S	T?55,3719	Toont *T* van het uitwendig produkt.
R/S	P?124.3412	Toont *P* van het uitwendig produkt.
XEQ R	X?8,4554	Toont het uitwendig produkt in rechthoekige notatie.
R/S	Y?12,2439	
R/S	Z?-10,1660	

Het inwendig produkt kan gebruikt worden voor het berekenen van de kracht (die nog steeds in $\mathbf{v}_2$ staat) langs de as van de hefboom.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[XEQ] P	R?18,0209	Start de routine voor polaire invoer.
1 [R/S]	T?55,3719	Definieert de straal als één eenheidsvector.
125 [R/S]	P?124,3412	Stelt T gelijk aan 125.
63 [R/S]	R?1,0000	Stelt P gelijk aan 63.
[XEQ] D	D=24,1882	Berekent inwendig produkt.
[R/S]	G=34,8490	Berekent de hoek tussen de resulterende krachtvector en de hefboom.
[R/S]	R?1,0000	Gaat terug naar de invoerroutine.

Stelsels van vergelijkingen oplossen

Dit programma lost stelsels van lineaire vergelijkingen in twee of drie onbekenden op. Voor het oplossen wordt gebruik gemaakt van matrixinversie en matrixvermenigvuldiging.

Een stelsel van drie lineaire vergelijkingen

$$AX + DY + GZ = J$$

$$BX + EY + HZ = K$$

$$CX + FY + IZ = L$$

kan worden weergegeven door de onderstaande matrix/vectorvergelijking.

Insert artwork here.

Uit de matrix/vectorvergelijking kunnen X, Y en Z opgelost worden door de vector rechts van het "=" teken te vermenigvuldigen met de inverse van de coëfficiëntmatrix.

Insert artwork here.

Details over de inversie staan in de uitleg van inversieroutine I.

Programma:

Programmaregels:	Beschrijving:
A01 LBL A	Startpunt voor het invoeren van coëfficiënten.
A02 1.012	Controlegetal voor de lus: lus wordt herhaald van 1 tot en met 12, in stappen van 1.
A03 STO i	Slaat het controlegetal op in de indexvariabele.
Checksum en lengte: 9F76 012,5	
L01 LBL L	Start de invoerlus.
L02 INPUT(i)	Vraagt om een waarde voor de variabele die door i geadresseerd wordt en slaat deze waarde op.
L03 ISG i	Telt één op bij i.
L04 GTO L	Gaat terug naar LBL L als i kleiner is dan 13, en begint met de volgende waarde.
L05 GTO A	Gaat terug naar LBL A om de waarden te bekijken.
Checksum en lengte: 8356 007,5	
I01 LBL I	Deze routine inverteert een 3 × 3 matrix.
I02 XEQ D	Berekent de determinant en slaat de waarde op voor de delingslus, J.
I03 STO W	
I04 RCL A	
I05 RCL× I	
I06 RCL C	
I07 RCL× G	
I08 -	
I09 STO X	Berekent E' × determinant $AI - CG$.
I10 RCL C	
I11 RCL× D	
I12 RCL A	
I13 RCL× F	
I14 -	
I15 STO Y	Berekent F' × determinant = $CD - AF$.
I16 RCL B	
I17 RCL× G	
I18 RCL A	
I19 RCL× H	
I20 -	
I21 STO Z	Berekent H' × determinant = $BG - AH$.

Programmaregels:	Beschrijving:
I22 RCL A	
I23 RCL× E	
I24 RCL B	
I25 RCL× D	
I26 −	
I27 STO i	Berekent I' × determinant = $AE - BD$.
I28 RCL E	
I29 RCL× I	
I30 RCL F	
I31 RCL× H	
I32 −	
I33 STO A	Berekent A' × determinant = $EI - FH$.
I34 RCL C	
I35 RCL× H	
I36 RCL B	
I37 RCL× I	
I38 −	Berekent B' × determinant = $CH - BI$.
I39 RCL B	
I40 RCL× F	
I41 RCL C	
I42 RCL× E	
I43 −	
I44 STO C	Berekent C' × determinant = $BF - CE$.
I45 R↓	
I46 STO B	Slaat B' op.
I47 RCL F	
I48 RCL× G	
I49 RCL D	
I50 RCL× I	
I51 −	Berekent D' × determinant = $FG - DI$.
I52 RCL D	
I53 RCL× H	
I54 RCL E	
I55 RCL× G	
I56 −	
I57 STO G	Berekent G' × determinant = $DE - EG$.

Programmaregels:		Beschrijving:
I58	R↓	
I59	STO D	Slaat D' op.
I60	RCL i	
I61	STO I	Slaat I' op.
I62	RCL X	
I63	STO E	Slaat E' op.
I64	RCL Y	
I65	STO F	Slaat F' op.
I66	RCL Z	
I67	STO H	Slaat H' op.
I68	9	
I69	STO i	Stelt de index in zodat deze verwijst naar het laatste element van de matrix.
I70	RCL W	Roept waarde van determinant op.

Checksum en lengte: 4C14 105,0

J01	LBL J	Deze routine voltooit de inversie door een deling door de determinant.
J02	STO÷(i)	Deelt element.
J03	DSE i	Verlaagt de index zodat deze dichter bij A komt.
J04	GTO J	Voert de lus uit voor de volgende waarde.
J05	RTN	Gaat terug naar het programma van waaruit J werd opgeroepen of naar PRGM TOP.

Checksum en lengte: 9737 007,5

M01	LBL M	Deze routine vermenigvuldigt een kolommatrix met een 3 × 3 kolomvector
M02	7	Stelt de index in zodat deze verwijst naar het laatste element in de eerste rij.
M03	XEQ N	
M04	8	Stelt de index in zodat deze verwijst naar het laatste element in de tweede rij.
M05	XEQ N	
M06	9	Stelt de index in zodat deze verwijst naar het laatste element in de derde rij.

Checksum en lengte: C1D3 009,0

Programmaregels:	Beschrijving:
N01 LBL N	Deze routine berekent het produkt van de kolomvector en de rij waarnaar de indexwaarde verwijst.
N02 STO i	Slaat de indexwaarde in *i* op.
N03 RCL J	Roept *J* op uit de kolomvector.
N04 RCL K	Roept *K* op uit de kolomvector.
N05 RCL L	Roept *L* op uit de kolomvector.
N06 RCL×(i)	Vermenigvuldigt met het laatste element in de rij.
N07 XEQ P	Vermenigvuldigt met het tweede element in de rij en telt de waarde op.
N08 XEQ P	Vermenigvuldigt met het eerste element in de rij en telt de waarde op.
N09 23	Stelt een index in voor de weergave van *X*, *Y*, of *Z*, afhankelijk van de rij waarmee de kolomvector wordt vermenigvuldigd.
N10 STO+ i	
N11 R↓	Geeft het resultaat.
N12 STO(i)	Slaat het resultaat op.
N13 VIEW(i)	Toont het resultaat.
N14 RTN	Gaat terug naar het programma dat de routine heeft opgeroepen, of naar PRGM TOP.

Checksum en lengte: 4E9D 021,0

P01 LBL P	Deze routine vermenigvuldigt waarden binnen een rij en telt deze op.
P02 x<>y	Geeft de volgende kolomwaarde.
P03 DSE i	Stelt de index in zodat deze verwijst naar de volgende rij.
P04 DSE i	
P05 DSE i	
P06 RCL×(i)	Vermenigvuldigt de waarde van de kolom met de waarde van de rij.
P07 +	Telt het produkt op bij de vorige som.
P08 RTN	Gaat terug naar het programma van waaruit de routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: 4E79 012,0

Programmaregels:	Beschrijving:
D01 LBL D	Deze routine berekent de determinant.
D02 RCL A	
D03 RCL× E	
D04 RCL× I	Berekent $A \times E \times I$.
D05 RCL D	
D06 RCL× H	
D07 RCL× C	
D08 +	Berekent $(A \times E \times I) + (D \times H \times C)$.
D09 RCL G	
D10 RCL× F	
D11 RCL× B	
D12 +	Berekent $(A \times E \times I) + (D \times H \times C) + (G \times F \times B)$.
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	Gaat terug naar het programma van waaruit de routine werd opgeroepen, of naar PRGM TOP.

Checksum en lengte: 44B2 037,5

Gebruikte vlaggen:

Geen.

Vereiste geheugenruimte:

348 bytes: 212 voor het programma, 136 voor de variabelen.

Instructies voor het programmeren:

1. Toets de programmaroutines in; druk daarna op [C].
2. Druk op [XEQ] A om de coëfficiënten van de matrix en de kolomvector in te voeren.
3. Toets na elke aanroep de coëfficiënt of de vectorwaarde in (*A* tot en met *L*) en druk op [R/S].
4. Optioneel: druk op [XEQ] D om de determinant van een 3 × 3 stelsel te berekenen.
5. Druk op [XEQ] I om de inverse van de 3 × 3 matrix te berekenen.
6. Optioneel: druk op [XEQ] A en meerdere malen op [R/S] om de waarden van de geïnverteerde matrix te bekijken.
7. Druk op [XEQ] M om de geïnverteerde matrix te vermenigvuldigen met de kolomvector en de waarde van *X* te bekijken. Druk op [R/S] om de waarde *Y* te bekijken en nogmaals op [R/S] om de waarde van *Z* te bekijken.
8. Ga voor een nieuwe berekening verder met stap 2.

Gebruikte variabelen:

A tot en met *I*	Coëfficiënten van matrix.
J tot en met *L*	Waarden van kolomvector.
W	Tijdelijke variabele voor het opslaan van de determinant.
X tot en met *Z*	Uitgevoerde vectorwaarden; ook gebruikt als tijdelijke variabele.
i	Controlegetal voor de lus (indexvariabele); ook gebruikt als tijdelijke variabele.

Opmerkingen:

Gebruik voor 2 × 2 oplossingen nul voor de coëfficiënten *C*, *F*, *H*, *G* en voor *L*.
Gebruik 1 voor coëfficiënt *I*.

Niet alle stelsels van vergelijkingen zijn oplosbaar.

Voorbeeld:

Bereken voor het onderstaande stelsel de inverse en de oplossing. Bekijk de geïnverteerde matrix. Inverteer de matrix opnieuw en bekijk het resultaat om te controleren of dit de oorspronkelijke matrix oplevert.

$$23X + 15Y + 17Z = 31$$

$$8X + 11Y - 6Z = 17$$

$$4X + 15Y + 12Z = 14$$

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[XEQ] A	A?*value*	Start de invoerroutine.
23 [R/S]	B?*value*	Stelt de eerste coëfficiënt A gelijk aan 23.
8 [R/S]	C?*value*	Stelt B gelijk aan 8.
4 [R/S]	D?*value*	Stelt C gelijk aan 4.
15 [R/S]	E?*value*	Stelt D gelijk aan 15.
⋮	⋮	Gaat verder met invoeren van E tot en met L.
14 [R/S]	A?23,0000	Gaat terug naar de als eerste ingevoerde coëfficiënt.
[XEQ] I	4.598,0000	Berekent de inverse en toont de determinant.
[XEQ] M	X=0,9306	Vermenigvuldigt met de kolomvector om X te berekenen.
[R/S]	Y=0,7943	Berekent en toont Y.
[R/S]	Z=-0,1364	Berekent en toont Z.
[XEQ] A	A?0,0483	Start het bekijken van de geïnverteerde matrix.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
R/S	B?-0,0261	Toont de volgende waarde.
R/S	C?0,0165	Toont de volgende waarde.
R/S	D?0,0163	Toont de volgende waarde.
R/S	E?0,0452	Toont de volgende waarde.
R/S	F?-0,0620	Toont de volgende waarde.
R/S	G?-0,0602	Toont de volgende waarde.
R/S	H?0,0596	Toont de volgende waarde.
R/S	I?0,0289	Toont de volgende waarde.
XEQ I	0,0002	Inverteert de inverse om de oorspronkelijke matrix te krijgen.
XEQ A	A?23,0000	Start het bekijken van de geïnverteerde matrix.
R/S	B?8,0000	Toont volgende waarde, ...
⋮	⋮	... enzovoort.

Polynomiale Root Finder

Dit programma berekent de wortels van een tweede- tot en met vijfdegraadspolynoom met reële coëfficiënten. Het programma berekent zowel reële als complexe wortels.

In dit programma heeft een algemene polynoom de vorm

$$x^n + a_{n-1}x^{n-1} + \ldots + a_1x + a_0 = 0$$

waarbij $n = 2, 3, 4$ of 5. Voor de coëfficiënt van de term met de hoogste graad (a_n) wordt de waarde 1 gebruikt. Als de eerste coëfficiënt niet gelijk is aan 1, deelt u alle coëfficiënten in de vergelijking door de eerste coëfficiënt, zodat deze de waarde 1 krijgt. (Zie voorbeeld 2.)

De routines voor de derde- en vijfdegraadspolynomen gebruiken SOLVE voor het berekenen van één reële wortel van de vergelijking, omdat elke polynoom van een oneven graad minimaal één reële wortel moet hebben. Nadat één wortel is berekend, wordt een synthetische deling uitgevoerd om de oorspronkelijke polynoom te vereenvoudigen tot een tweede- of vierdegraadspolynoom.

Om een vierdegraadspolynoom te kunnen oplossen, moet eerst de resolvante derdegraadspolynoom opgelost worden.

$$y^3 + b_2y^2 + b_1y + b_0 = 0$$

waarbij $b_2 = -a_2$
$b_1 = a_3a_1 - 4a_0$
$b_0 = a_0(4a_2 - {a_3}^2) - {a_1}^2$.

Laat y_0 de grootste reële wortel van de bovenstaande derdegraadsvergelijking zijn. Vervolgens wordt de vierdegraadspolynoom vereenvoudigd tot twee kwadratische polynomen.

$$x^2 + (J + L)x + (K + M) = 0$$

$$x^2 + (J - L)x + (K - M) = 0$$

waarbij $J = a_3/2$
$K = y_0/2$
$L = \sqrt{J^2 - a_2 + y_0}$ × (het teken van $JK - a_1/2$)
$M = \sqrt{K^2 - a_0}$

De wortels van een vierdegraadspolynoom worden berekend door deze twee kwadratische polynomen op te lossen.

Een kwadratische vergelijking $x^2 + a_1x + a_0 = 0$ wordt opgelost volgens de formule

$$x_{1,2} = -\frac{a_1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{a_1}{2}\right)^2 - a_0}$$

Als de discriminant $d = (a_1/2)^2 - a_0 \geq 0$, zijn de wortels reëel; als $d < 0$, zijn de wortels complex: $u \pm iv = -(a_1/2) \pm i\sqrt{-d}$.

Programma:

Programmaregels:	Beschrijving:
P01 LBL P	Definieert het begin van de routine voor de Polynomiale Root Finder.
P02 INPUT F	Vraagt om de graad van de polynoom en slaat deze waarde op.
P03 STO i	Gebruikt de graad als teller voor de lus.
Checksum en lengte: 699F 004,5	
I01 LBL I	Start de routine die om invoer van waarden vraagt.
I02 INPUT(i)	Vraagt om een coëfficiënt.
I03 DSE i	De invoerlus wordt afgeteld.
I04 GTO I	Herhaalt dit totdat het klaar is.
I05 RCL F	
I06 STO i	Gebruikt de graad om routine te kiezen voor het berekenen van een wortel.
I07 GTO(i)	Start de routine voor het berekenen van een wortel.
Checksum en lengte: CE86 010,5	
H01 LBL H	Evalueert polynomen volgens de methode van Horner en voert met behulp van de wortel een synthetische verlaging van de graad van de polynoom uit.
H02 RCL H	
H03 STO i	Gebruikt de waarde die naar de polynoom verwijst, als index.
H04 1	Beginwaarde voor de methode van Horner.
Checksum en lengte: B85F 006,0	

Programmaregels:	Beschrijving:
J01 LBL J	Start de lus met de methode van Horner.
J02 ENTER	Slaat de coëfficiënt van de synthetische deling op.
J03 RCL× X	Vermenigvuldigt de huidige som met de volgende macht van x.
J04 RCL+(i)	Voegt nieuwe coëfficiënt toe.
J05 DSE i	De lus wordt afgeteld.
J06 GTO J	Wordt herhaald totdat het klaar is.
J07 RTN	

Checksum en lengte: 139C 010,5

S01 LBL S	Start de routine voor het opstellen van de oplossing.
S02 STO H	Slaat de plaats van de te gebruiken coëfficiënten op.
S03 250	
S04 STO X	Eerste initiële schatting.
S05 +/−	Tweede initiële schatting.
S06 FN= H	Geeft aan welke routine opgelost moet worden.
S07 SOLVE X	Berekent een reële wortel.
S08 GTO H	Geeft de coëfficiënten voor de synthetische deling waarmee de polynoom van de eerstvolgende lagere graad berekend wordt.
S09 0	
S10 ÷	Genereert de foutmelding DIVIDE BY 0 als geen reële wortel gevonden wordt.

Checksum en lengte: 27C3 015,0

Q01 LBL Q	Start de routine voor het oplossen van een kwadratische polynoom.
Q02 x<>y	Verwisselt a_0 en a_1.
Q03 2	
Q04 ÷	$a_1/2$.
Q05 +/−	$-a_1/2$.
Q06 ENTER	
Q07 ENTER	Slaat $-a_1/2$ op.
Q08 STO F	Slaat bij een complexe wortel het reële deel op.
Q09 x²	$(a_1/2)^2$.
Q10 R↑	a_0.

Programmaregels:	Beschrijving:
Q11 -	$(a_1/2)^2 - a_0$.
Q12 CF 0	Initialiseert vlag 0.
Q13 x<0?	Discriminant (d) < 0?
Q14 SF 0	Activeert vlag 0 als $d < 0$ (complexe wortels).
Q15 ABS	$\|d\|$.
Q16 SQRT	$\sqrt{\|d\|}$.
Q17 STO G	Slaat bij een complexe wortel het imaginaire deel op.
Q18 FS? 0	Complexe wortels?
Q19 RTN	Gaat terug indien complexe wortels.
Q20 STO- F	Berekent $-a_1/2 - \sqrt{\|d\|}$.
Q21 R↓	
Q22 STO+ G	Berekent $-a_1/2 + \sqrt{\|d\|}$.
Q23 RTN	

Checksum en lengte: E454 034,5

B01 LBL B	Start de routine voor het oplossen van een tweedegraadspolynoom.
B02 RCL B	Vraagt L op.
B03 RCL A	Vraagt M op.
B04 GTO T	Berekent en toont twee wortels.

Checksum en lengte: 52B9 006,0

C01 LBL C	Start de routine voor het oplossen van een derdegraadspolynoom.
C02 3	Geeft aan dat een derdegraadspolynoom moet worden berekend.
C03 XEQ S	Berekent één reële wortel en plaatst a_0 en a_1 voor een tweedegraadspolynoom in het stapelgeheugen.
C04 R↓	Verwijdert de polynomiale functiewaarde.
C05 XEQ Q	Lost de overgebleven tweedegraadspolynoom op en slaat de wortels op.
C06 VIEW X	Toont een reële wortel van de derdegraadsvergelijking.
C07 GTO N	Toont de overige wortels.

Checksum en lengte: CCF5 010,5

Programmaregels:	Beschrijving:
E01 LBL E	Start routine voor het oplossen van een vijfdegraadspolynoom.
E02 5	Specificeert de vijfdegraadspolynoom die opgelost moet worden.
E03 XEQ S	Berekent één reële wortel en plaatst drie coëfficiënten voor de synthetische deling voor een vierdegraadspolynoom in het stapelgeheugen.
E04 R↓	Verwijdert de polynomiale functiewaarde.
E05 STO A	Slaat de coëfficiënt op.
E06 R↓	
E07 STO B	Slaat de coëfficiënt op.
E08 R↓	
E09 STO C	Slaat de coëfficiënt op.
E10 RCL E	
E11 RCL+ X	Berekent a_3.
E12 STO D	Slaat a_3 op.
E13 VIEW X	Toont een reële wortel van de vijfdegraadspolynoom.

Checksum en lengte: 0FE9 019,5

D01 LBL D	Start de routine voor het oplossen van een vierdegraadspolynoom.
D02 4	
D03 RCL× C	$4a_2$.
D04 RCL D	a_3.
D05 x^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 x^2	${a_1}^2$.
D10 -	$b_0 = a_0(4a_2 - {a_3}^2) - {a_1}^2$.
D11 STO E	Slaat b_0 op.
D12 RCL C	a_2.
D13 +/-	$b_2 = -a_2$.
D14 STO G	Slaat b_2 op.
D15 RCL D	a_3.
D16 RCL× B	a_3a_1.
D17 4	
D18 RCL× A	$4a_0$.
D19 -	$b_1 = a_3a_1 - 4a_0$.

Programmaregels:	Beschrijving:
D20 STO F	Slaat b_1 op.
D21 4	Om regel D21 en D22 in te voeren, drukt u op
D22 3	4 ↗ SHOW 3.
D23 10^x	
D24 ÷	
D25 7	
D26 +	Definieert 7,004 als wijzer voor de derdegraadscoëfficiënten.
D27 XEQ S	Berekent een reële wortel en plaatst a_0 en a_1 voor een tweedegraadspolynoom in het stapelgeheugen.
D28 R↓	Verwijdert de polynomiale functiewaarde.
D29 XEQ Q	Berekent de overige wortels van de derdegraadspolynoom en slaat deze op.
D30 RCL X	Geeft reële wortel van derdegraadspolynoom.
D31 STO E	Slaat reële wortel op.
D32 FS? 0	Complexe wortels?
D33 GTO F	Berekent vier wortels van de overgebleven vierdegraadspolynoom.
D34 RCL F	Berekent de grootste reële wortel (y_0) als er geen complexe wortels zijn.
D35 x<y?	
D36 x<>y	
D37 RCL G	
D38 x<y?	
D39 x<>y	
D40 STO E	Slaat grootste reële wortel van derdegraadspolynoom op.

Checksum en lengte: C333 060,0

F01 LBL F	Start routine voor het oplossen van een vierdegraadspolynoom.
F02 2	
F03 STO÷ D	$J=a_3/2$.
F04 STO÷ E	$K=y_0/2$.
F05 9	
F06 10^x	
F07 1/x	Maakt 10^{-9} de ondergrens voor M^2.
F08 RCL E	K.
F09 x²	K^2.
F10 RCL- A	$M^2 = K^2 - a_0$.

Programmaregels:	Beschrijving:
F11 x<>y?	
F12 CLx	Gebruikt 0 voor M^2 als $M^2 < 10^{-9}$.
F13 SQRT	$M = \sqrt{K^2 - a_0}$.
F14 STO A	Slaat M op.
F15 RCL D	J.
F16 RCL× E	JK.
F17 RCL B	a_1.
F18 2	
F19 ÷	$a_1/2$.
F20 -	$JK - a_1/2$.
F21 x=0?	
F22 1	Gebruikt 1 als $JK - a_1/2 = 0$.
F23 STO B	Slaat 1 of $JK - a_1/2$ op.
F24 ABS	
F25 STO÷ B	Bepaalt het teken van 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	Slaat C op met het juiste teken.
F33 RCL D	J.
F34 RCL+ B	$J+L$.
F35 RCL E	K.
F36 RCL+ A	$K+M$.
F37 XEQ T	Berekent en toont twee wortels van de vierdegraadspolynoom.
F38 RCL D	J.
F39 RCL- B	$J - L$.
F40 RCL E	K.
F41 RCL- A	$K - M$.

Checksum en lengte: 9133 061,5

T01 LBL T	Start de routine voor het berekenen en tonen van twee wortels.
T02 XEQ Q	Gebruikt de kwadratische routines voor het berekenen van twee wortels.

Checksum en lengte: 0019 003,0

Programmaregels:	Beschrijving:
N01 LBL N	Start de routine voor het tonen van twee reële wortels of twee complexe wortels.
N02 RCL F	Berekent de eerste reële wortel.
N03 STO X	Slaat de eerste reële wortel op.
N04 VIEW X	Toont de reële wortel of het reële deel van een complexe wortel.
N05 RCL G	Berekent de tweede reële wortel of het imaginaire deel van een complexe wortel.
N06 FS? 0	Zijn er complexe wortels?
N07 GTO U	Toont eventuele complexe wortels.
N08 STO X	Slaat tweede reële wortel op.
N09 VIEW X	Toont tweede reële wortel.
N10 RTN	Gaat terug naar de routine die deze routine opgeroepen heeft.

Checksum en lengte: BE87 015,0

U01 LBL U	Start routine voor het tonen van complexe wortels.
U02 STO i	Slaat het imaginaire deel van de eerste complexe wortel op.
U03 VIEW i	Toont het imaginaire deel van de eerste complexe wortel.
U04 VIEW X	Toont het reële deel van de tweede complexe wortel.
U05 RCL i	Haalt het imaginaire deel van de complexe wortels op.
U06 +/-	Genereert het imaginaire deel van de tweede complexe wortel.
U07 STO i	Slaat het imaginaire deel van de tweede complexe wortel op.
U08 VIEW i	Toont het imaginaire deel van de tweede complexe wortel.

Checksum en lengte: 0EE4 012,0

Gebruikte vlaggen:

Vlag 0 wordt gebruikt om te onthouden of de wortel reëel of complex is (dus om het teken van d te onthouden). Als d negatief is, wordt vlag 0 geactiveeerd. Vlag 0 wordt later in het programma getest om ervoor te zorgen dat zo nodig zowel het reële als het imaginaire deel worden getoond.

Vereiste geheugenruimte:

382,0 bytes: 268,5 voor de programma's, 33,5 voor SOLVE, 80 voor de variabelen.

Opmerkingen:

Het programma werkt met eerste-, tweede-, derde-, vierde- en vijfdegraadspolynomen. Het programma controleert niet of de graad die u hebt ingevoerd, juist is.

In het programma mag de constante a_0 voor deze polynomen niet gelijk zijn aan nul. (Als $a_0 = 0$, dan is 0 een reële wortel. Vereenvoudig de polynoom tot de eerstvolgende lagere graad door de factor x af te splitsen.)

De graad en de coëfficiënten worden *niet* bewaard in het programma.

Als gevolg van afrondingsfouten in numerieke berekeningen kan het programma waarden opleveren die geen echte wortels zijn van de polynoom. De enige manier om vast te stellen of een wortel echt is, is de polynoom met de hand te evalueren om te zien of de waarde ervan bij de wortels gelijk is aan nul.

Als SOLVE bij een derdegraads- of hogere polynoom geen reële wortel kan vinden, ziet u de melding DIVIDE BY 0.

U kunt tijd en geheugenruimte besparen door routines die u niet nodig hebt, weg te laten. Als u geen vijfdegraadspolynomen oplost, kunt u routine E weglaten. Als u geen vierde- en vijfdegraadspolynomen oplost, kunt u de routines D, E en F weglaten. Als u geen derde-vierde- of vijfdegraadspolynomen oplost, kunt u de routines C, D, E en F weglaten.

Instructies voor het programmeren:

1. Druk op ← CLEAR {ALL} om alle programma's en variabelen te wissen. Voor het uitvoeren van dit programma wordt op twee bytes na de gehele geheugenruimte gebruikt.
2. Toets de programmaroutines in: druk daarna op C.
3. Druk op XEQ P om de Polynomiale Root Finder te starten.
4. Toets F, de graad van de polynoom in, en druk op R/S.

5. Toets de waarde van de coëfficiënten in als het programma daarom vraagt, en druk op (R/S). Het programma vraagt niet om een waarde van de coëfficiënt voor de hoogste graad; er wordt van uitgegaan dat deze waarde 1 is. Voor coëfficiënten met de waarde 0 voert u 0 in. Coëfficient *A* mag *niet* gelijk zijn aan 0.

	Termen en coëfficiënten					
Graad	x^5	x^4	x^3	x^2	x	**Constante**
5	1	*E*	*D*	*C*	*B*	*A*
4		1	*D*	*C*	*B*	*A*
3			1	*C*	*B*	*A*
2				1	*B*	*A*

6. Nadat u de coëfficiënten hebt ingevoerd, wordt de eerste wortel berekend. Een reële wortel wordt getoond als X=*reële waarde* . Een complexe wortel wordt getoond als X=*reële deel*. (Complexe wortels treden altijd op in paren in de vorm $u \pm vi$, en worden bij de uitvoer weergegeven als X=*reële deel* en i=*imaginaire deel*, zoals u in de volgende stap kunt zien.)
7. Druk meerdere malen op (R/S) om de andere wortels te zien, of om i=*imaginair deel*, het imaginaire deel van een complexe wortel te bekijken. De graad van de polynoom is gelijk aan het aantal wortels dat u krijgt.
8. Ga voor een nieuwe polynoom verder met stap 3.

Gebruikte variabelen:

A tot en met *E*	Coëfficiënten van polynoom; tijdelijke variabelen.
F	Graad van polynoom; tijdelijke variabele.
G	Tijdelijke variabele.
H	Verwijst naar de polynomiale coëfficiënten.
X	De waarde van een reële wortel of het reële deel van een complexe wortel.
i	Het imaginaire deel van een complexe wortel. ook gebruikt als indexvariabele.

Voorbeeld 1:

Bereken de wortels van:
$x^5 - x^4 - 101x^3 + 101x^2 + 100x - 100 = 0$.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[XEQ] P	F?*value*	Start de Polynomiale Root Finder; vraagt om de graad.
5 [R/S]	E?*value*	Slaat 5 in F op; vraagt om een waarde voor E.
1 [+/-] [R/S]	D?*value*	Slaat -1 in E op; vraagt om een waarde voor D.
101 [+/-] [R/S]	C?*value*	Slaat -101 in D op; vraagt om een waarde voor C.
101 [R/S]	B?*value*	Slaat 101 in C op; vraagt om een waarde voor B.
100 [R/S]	A?*value*	Slaat 100 in B op; vraagt om een waarde voor A.
100 [+/-] [R/S]	X=1,0000	Slaat -100 in A op; berekent de eerste wortel.
[R/S]	X=1,0000	Berekent de tweede wortel.
[R/S]	X=10,0000	Berekent de derde wortel.
[R/S]	X=-10,0000	Berekent de vierde wortel.
[R/S]	X=-1,0000	Berekent de vijfde wortel.

Voorbeeld 2:

Bereken de wortels van $4x^4 - 8x^3 - 13x^2 - 10x + 22 = 0$. Omdat de coëfficiënt van de term met de hoogste graad 1 moet zijn, deelt u de andere coëfficiënten door deze coëfficiënt.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
XEQ P	F?*value*	Start de Polynomiale Root Finder; vraagt om de graad.
4 R/S	D?*value*	Slaat 4 in F op; vraagt om een waarde voor D.
8 +/- ENTER 4 ÷ R/S	C?*value*	Slaat $-8/4$ in D op; vraagt om een waarde voor C.
13 +/- ENTER 4 ÷ R/S	B?*value*	Slaat $-13/4$ in C op; vraagt om een waarde voor B.
10 +/- ENTER 4 ÷ R/S	A?*value*	Slaat $-10/4$ in B op; vraagt om een waarde voor A.
22 ENTER 4 ÷ R/S	X=0,8820	Slaat $22/4$ in A op; berekent de eerste wortel.
R/S	X=3,1180	Berekent de tweede wortel.
R/S	X=-1,0000	Toont het reële deel van de derde wortel.
R/S	i=1,0000	Toont het imaginaire deel van de derde wortel.
R/S	X=-1,0000	Toont het reële deel van de vierde wortel.
R/S	i=-1,0000	Toont het imaginaire deel van de vierde wortel.

De derde en vierde wortels zijn $-1{,}00 \pm 1{,}00\ i$.

Voorbeeld 3:

Bereken de wortels van de volgende kwadratische polynoom:

$$x^2 + x - 6 = 0$$

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
XEQ P	F?*value*	Start de Polynomiale Root Finder; vraagt om de graad.
2 R/S	B?*value*	Slaat 2 in F op; vraagt om een waarde voor B.
1 R/S	A?*value*	Slaat 1 in B op; vraagt om een waarde voor A.
6 +/- R/S	X=-3,0000	Slaat -6 in A op; berekent de eerste wortel.
R/S	X=2,0000	Berekent de tweede wortel.

Coördinaat-transformatie

Dit programma biedt mogelijkheden voor tweedimensionale translatie en rotatie van coördinaten.

De volgende formules worden gebruikt om een punt P uit het Cartesische coördinatenpaar (x, y) in het oude stelsel te converteren naar het paar (u, v) in het nieuwe, getransleerde en geroteerde stelsel.

$$u = (x - m) \cos \theta + (y - n) \sin \theta$$

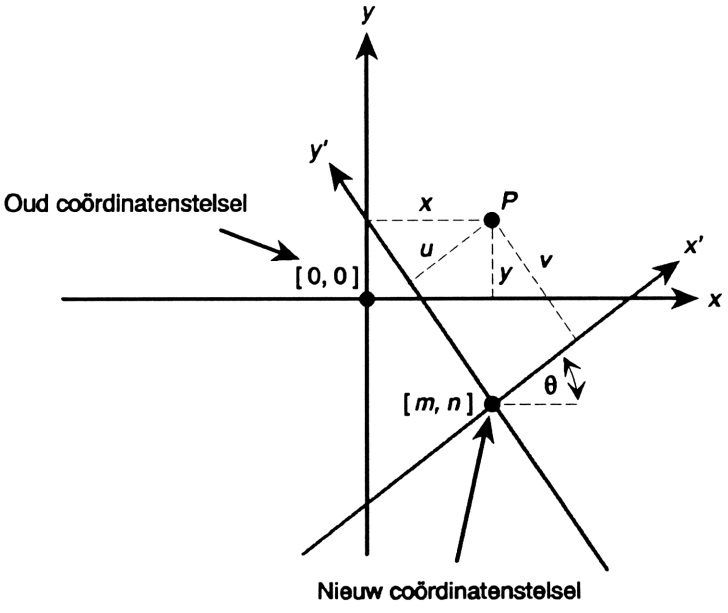
$$v = (y - n) \cos \theta - (y - n) \sin \theta$$

De inverse transformatie wordt uitgevoerd met de onderstaande formules.

$$x = u \cos \theta - v \sin \theta + m$$

$$y = u \sin \theta + v \cos \theta + n$$

Met de complexe functies en de functies voor conversie van polair naar rechthoekig van de HP 32SII kunnen deze berekeningen op eenvoudige wijze worden uitgevoerd.



Programma:

Programmaregels:	Beschrijving:
D01 LBL D	Deze routine definieert het nieuwe coördinatenstelsel.
D02 INPUT M	Vraagt om een waarde voor M, de x-coördinaat van de nieuwe oorsprong, en slaat deze waarde op.
D03 INPUT N	Vraagt om een waarde voor N, de y-coördinaat van de nieuwe oorsprong, en slaat deze waarde op.
D04 INPUT T	Vraagt om een waarde voor T, de hoek θ, en slaat deze op.
D05 GTO D	Voert een lus uit voor het bekijken van de ingevoerde waarden.

Checksum en lengte: 2ED3 007,5

N01 LBL N	Deze routine voert een conversie uit van het oude naar het nieuwe stelsel.
N02 INPUT X	Vraagt om een waarde voor X, de oude x-coördinaat, en slaat deze waarde op.
N03 INPUT Y	Vraagt om een waarde voor Y, de oude y-coördinaat, en slaat deze waarde op.
N04 RCL X	Schuift Y omhoog en roept X op in het X-register.
N05 RCL N	Schuift X en Y omhoog en roept N op in het X-register.
N06 RCL M	Schuift N, X en Y omhoog en roept M op.
N07 CMPLX-	Berekent $(X-M)$ en $(Y-N)$.
N08 RCL T	Schuift $(X-M)$ en $(Y-N)$ omhoog en roept T op.
N09 +/-	Verandert het teken van T, omdat $\sin(-T)$ gelijk is aan $-\sin(T)$.
N10 1	Stelt de straal gelijk aan 1 voor het berekenen van $\cos(T)$ en $-\sin(T)$.
N11 θ,r→y,x	Berekent $\cos(T)$ en $-\sin(T)$ in de X- en Y-registers.
N12 CMPLX×	Berekent $(X-M)\cos(T) + (Y-N)\sin(T)$ en $(Y-N)\cos(T) - (X-M)\sin(T)$.

Programmaregels:	Beschrijving:
N13 STO U	Slaat de x-coördinaat op in de variabele U.
N14 x<>y	Verwisselt de posities van de coördinaten.
N15 STO V	Slaat de y-coördinaat op in de variabele V.
N16 x<>y	Zet de posities van de coördinaten weer terug.
N17 VIEW U	Onderbreekt het programma om U te tonen.
N18 VIEW V	Onderbreekt het programma om V te tonen.
N19 GTO N	Gaat terug voor een andere berekening.

Checksum en lengte: 3A46 028,5

001 LBL 0	Deze routine voert een conversie uit van het nieuwe naar het oude stelsel.
002 INPUT U	Vraagt om een waarde voor U en slaat deze op.
003 INPUT V	Vraagt om een waarde voor V en slaat deze op.
004 RCL U	Schuift V omhoog en roept U op.
005 RCL T	Schuift U en V omhoog en roept T op.
006 1	Stelt de straal gelijk aan 1 voor het berekenen van $\sin(T)$ en $\cos(T)$.
007 θ,r→y,x	Berekent $\cos(T)$ en $\sin(T)$.
008 CMPLX×	Berekent $U\cos(T) - V\sin(T)$ en $U\sin(T) + V\cos(T)$.
009 RCL N	Schuift de vorige resultaten omhoog en roept N op.
010 RCL M	Schuift de resultaten omhoog en roept M op.
011 CMPLX+	Voltooit de bewerking door M en N op te tellen bij de vorige resultaten.
012 STO X	Slaat de x-coördinaat op in de variabele X.
013 x<>y	Verwisselt de posities van de coördinaten.
014 STO Y	Slaat de y-coördinaat op in de variabele Y.
015 x<>y	Zet de posities van de coördinaten weer terug.
016 VIEW X	Onderbreekt het programma om X te tonen.
017 VIEW Y	Onderbreekt het programma om Y te tonen.
018 GTO 0	Gaat terug voor een volgende berekening.

Checksum en lengte: 7C14 027,0

Gebruikte vlaggen:

Geen.

Vereiste geheugenruimte:

119 bytes: 63 voor het programma, 56 voor de variabelen.

Instructies voor het programmeren:

1. Toets de programmaroutines in: druk daarna op [C].
2. Druk op [XEQ] D om de programmareeks te starten die vraagt naar de waarden die de coördinaat-transformatie definiëren.
3. Toets de x-coördinaat M in, van de oorsprong van het nieuwe stelsel en druk op [R/S].
4. Toets de y-coördinaat N in, van de oorsprong van het nieuwe stelsel en druk op [R/S].
5. Toets de rotatiehoek T in en druk op [R/S].
6. Ga verder met stap 7 voor conversie van het oude naar het nieuwe stelsel. Ga voor conversie van het nieuwe naar het oude stelsel direct naar stap 12.
7. Druk op [XEQ] N om de routine voor transformatie van oud naar nieuw te starten.
8. Toets X in en druk op [R/S].
9. Toets Y in en druk op [R/S], om de x-coördinaat, U, in het nieuwe stelsel te bekijken.
10. Druk op [R/S] om de y-coördinaat, V, in het nieuwe stelsel te bekijken.
11. Druk voor een volgende oud-naar-nieuw transformatie op [R/S] en ga verder met stap 8. Ga voor een nieuw-naar-oud transformatie verder met stap 12.
12. Druk op [XEQ] O om de routine voor nieuw-naar-oud transformatie te starten.
13. Toets U in (de x-coördinaat in het nieuwe stelsel) en druk op [R/S].
14. Toets V in (de y-coördinaat in het nieuwe stelsel) en druk op [R/S] om X te bekijken.
15. Druk op [R/S] om Y te bekijken.
16. Druk voor een volgende nieuw-naar-oud transformatie op [R/S] en ga verder met stap 13. Ga voor een oud-naar-nieuw transformatie verder met stap 7.

Gebruikte variabelen:

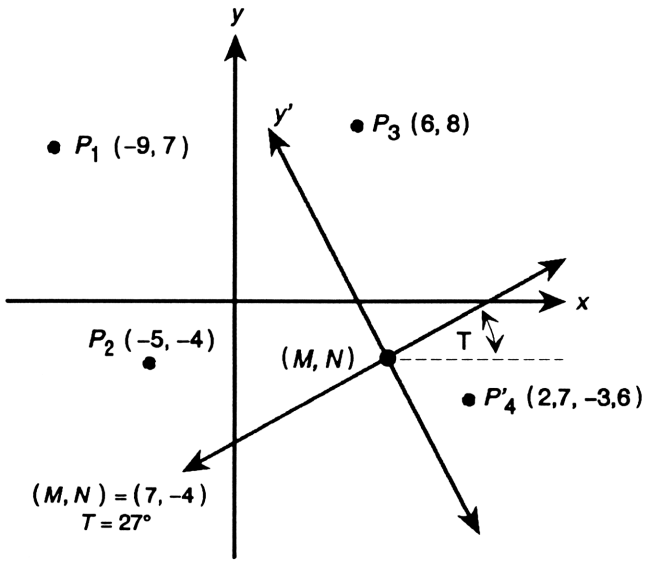
M	De x-coördinaat van de oorsprong van het nieuwe stelsel.
N	De y-coördinaat van de oorsprong van het nieuwe stelsel.
T	De rotatiehoek, θ, tussen het oude en het nieuwe stelsel.
X	De x-coördinaat van een punt in het oude stelsel.
Y	De y-coördinaat van een punt in het oude stelsel.
U	De x-coördinaat van een punt in het nieuwe stelsel.
V	De y-coördinaat van een punt in het nieuwe stelsel.

Opmerkingen:

Als u alleen een translatie uitvoert, voert u voor T nul in. Als u alleen een rotatie uitvoert, voert u voor M en N nul in.

Voorbeeld:

Converteer voor de onderstaande coördinatenstelsels de punten P_1, P_2 en P_3, die nu in het (X,Y) stelsel staan, naar punten in het (X',Y') stelsel. Converteer het punt P'_4, dat nu in het (X',Y') stelsel staat, naar het (X,Y) stelsel.



Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ MODES {DG}		Stelt Gradenmodus in omdat T in graden staat.
XEQ D	M?*value*	Start de routine die de transformatie definieert.
7 R/S	N?*value*	Slaat 7 in M op.
4 +/- R/S	T?*value*	Slaat -4 in N op.
27 R/S	M?7,0000	Slaat 27 in T op.

XEQ N	X?*value*	Start de oud-naar-nieuw routine.
9 +/- R/S	Y?*value*	Slaat −9 in X op.
7 R/S	U=-9,2622	Slaat 7 in Y op en berekent U.
R/S	V=17,0649	Berekent V.
R/S	X?-9,0000	Start de oud-naar-nieuw routine opnieuw voor het volgende vraagstuk.
5 +/- R/S	Y?7,0000	Slaat −5 in X op.
4 +/- R/S	U=-10,6921	Slaat −4 in Y op.
R/S	V=5,4479	Berekent V.
R/S	X?-5,0000	Start de oud-naar-nieuw routine opnieuw voor het volgende vraagstuk.
6 R/S	Y?-4,0000	Slaat 6 in X op.
8 R/S	U=4.5569	Slaat 8 in Y op en berekent U.
R/S	V=11,1461	Berekent V.
XEQ O	U?4,5569	Start de nieuw-naar-oud routine.
2.7 R/S	V?11,1461	Slaat 2,7 in U op.
3.6 +/- R/S	X=11,0401	Slaat −3,6 in V op en berekent X.
R/S	Y=-5,9818	Berekent Y.

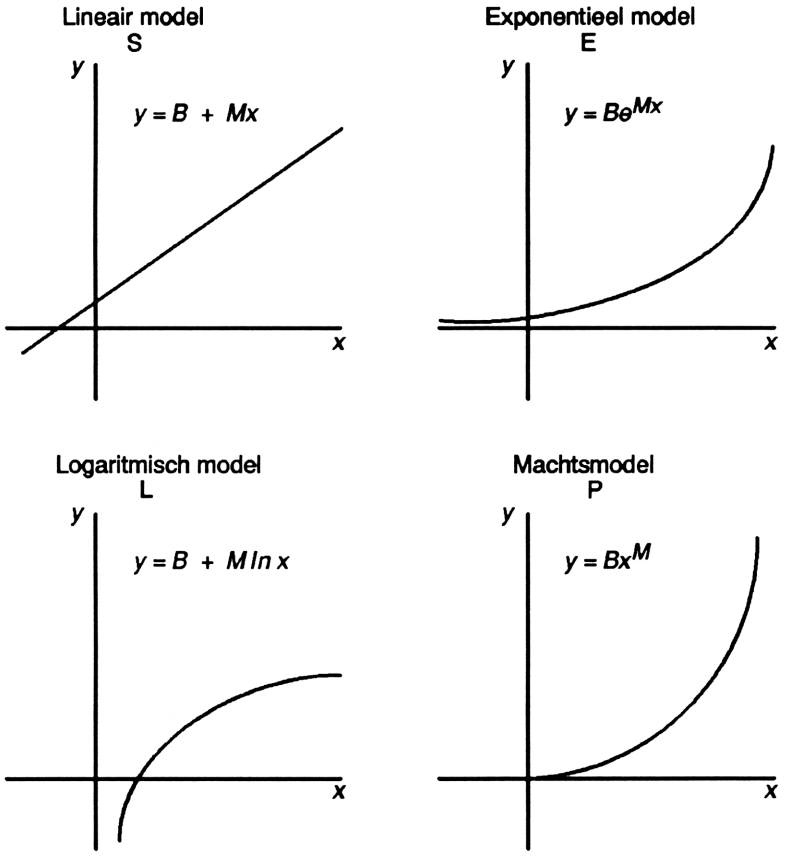
16

Programma's voor statistieken

Inpassing in een kromme

Dit programma kan gebruikt worden om één van de vier vergelijkingsmodellen toe te passen op uw gegevens. Deze modellen zijn: een rechte lijn, een logaritmische kromme, een exponentiële kromme en een machtskromme. Het programma accepteert twee of meer (x, y) gegevensparen en berekent vervolgens de correlatie-coëfficiënt r, en de twee regressie-coëfficiënten m en b. In het programma staat een routine voor het berekenen van de schattingen $\hat{x}$ en $\hat{y}$.
(Zie voor de definitie van deze waarden "Lineaire regressie" in hoofdstuk 11.)

In het volgende gedeelte worden voorbeelden van krommen en de bijbehorende vergelijkingen getoond. De interne regressie-functies van de HP 32SII worden gebruikt voor het berekenen van de regressie-coëfficiënten.



Voor een logaritmische kromme moeten de waarden van x positief zijn. Voor een exponentiële kromme moeten de waarden van y positief zijn. Voor een machtskromme moeten zowel x als y positief zijn. Als in deze gevallen een negatief getal wordt ingevoerd, verschijnt de foutmelding LOG(NEG).

Zeer grote gegevenswaarden met relatief kleine verschillen kunnen problemen opleveren bij de nauwkeurigheid; dit geldt ook voor gegevenswaarden met zeer verschillend zijn. Zie "Beperkingen van de nauwkeurigheid van gegevens" in hoofdstuk 11.

Programmalijst:

Programmaregels:	Beschrijving:
S01 LBL S	Deze routine stelt de status in voor het rechte-lijn-model.
S02 1	Voert de indexwaarde in die later in i wordt opgeslagen (voor indirecte adressering).
S03 CF 0	Maakt vlag 0, de indicator voor $\ln X$, inactief.
S04 CF 1	Maakt vlag 1, de indicator voor $\ln Y$, inactief.
S05 GTO Z	Gaat naar het gemeenschappelijke invoerpunt Z.

Checksum en lengte: EBD2 007,5

L01 LBL L	Deze routine stelt de status in voor het logaritmische model.
L02 2	Voert de indexwaarde in die later in i opgeslagen wordt (voor indirecte adressering).
L03 SF 0	Activeert vlag 0, de indicator voor $\ln X$.
L04 CF 1	Maakt vlag 1, de indicator voor $\ln Y$, inactief.
L05 GTO Z	Gaat naar het gemeenschappelijke invoerpunt Z.

Checksum en lengte: 7462 007,5

E01 LBL E	Deze routine stelt de status in voor het exponentiële model.
E02 3	Voert de indexwaarde in die later in i opgeslagen wordt (voor indirecte adressering).
E03 CF 0	Maakt vlag 0, de indicator voor $\ln X$, inactief.
E04 SF 1	Maakt vlag 1, de indicator voor $\ln Y$, inactief.
E05 GTO Z	Gaat naar het gemeenschappelijke invoerpunt Z.

Checksum en lengte: DCEA 007,5

P01 LBL P	Deze routine stelt de status in voor het machtmodel.
P02 4	Voert de indexwaarde in die later in i opgeslagen wordt (voor indirecte adressering).
P03 SF 0	Activeert vlag 0, de indicator voor $\ln X$.
P04 SF 1	Activeert vlag 1, de indicator voor $\ln Y$.

Checksum en lengte: F399 006,0

Programmaregels:	Beschrijving:
Z01 LBL Z	Definieert het gemeenschappelijke invoerpunt voor alle modellen.
Z02 CLΣ	Wist de statistiekregisters.
Z03 STO i	Slaat de indexwaarde in *i* op voor indirecte adressering.
Z04 0	Zet de teller van de lus voor de eerste invoer op nul.

Checksum en lengte: 8C2F 006,0

W01 LBL W	Definieert het begin van de invoerlus.
W02 1	Verhoogt de teller van de lus met 1 bij het vragen om invoer.
W03 +	
W04 STO X	Slaat de teller van de lus in X op, zodat de teller samen met de vraag om een waarde voor X verschijnt.
W05 INPUT X	Toont de teller met de vraag om een waarde en slaat de ingevoerde waarde voor X op.
W06 FS? 0	Als vlag 0 actief is ...
W07 LN	... wordt de natuurlijke logaritme van de X-invoer gebruikt.
W08 STO B	Slaat deze waarde op voor de correctieroutine.
W09 INPUT Y	Vraagt om een waarde voor Y en slaat deze waarde op.
W10 FS? 1	Als vlag 1 actief is ...
W11 LN	... wordt de natuurlijke logaritme van de Y-invoer gebruikt.
W12 STO R	
W13 RCL B	
W14 Σ+	Voegt B en R als een x,y-gegevenspaar aan de statistiekregisters toe.
W15 GTO W	Voert de lus uit voor een volgend X,Y paar.

Checksum en lengte: AAD5 022,5

U01 LBL U	Definieert het begin van de "annuleer-routine".
U02 RCL R	Roept het laatste gegevenspaar op.
U03 RCL B	
U04 Σ-	Verwijdert dit paar uit de verzameling van statistieken.
U05 GTO W	Voert de lus uit voor een volgend X,Y paar.

Checksum en lengte: AFAA 007,5

Programmaregels:	Beschrijving:
R01 LBL R	Definieert de start van de uitvoer-routine.
R02 r	Berekent de correlatie-coëfficiënt.
R03 STO R	Slaat deze op in R.
R04 VIEW R	Toont de correlatie-coëfficiënt.
R05 b	Berekent de coëfficiënt b.
R06 FS? 1	Als vlag 1 actief is, wordt de E macht van b berekend.
R07 e^x	
R08 STO B	Slaat b in B op.
R09 VIEW B	Toont waarde.
R10 m	Berekent coëfficiënt m.
R11 STO M	Slaat m in M op.
R12 VIEW M	Toont waarde.

Checksum en lengte: EBF3 018,0

Y01 LBL Y	Definieert het begin van de schattingslus (voorspelling).
Y02 INPUT X	Toont de waarde van x, vraagt om invoer voor x en slaat de eventuele nieuwe waarde in X op.
Y03 XEQ(i)	Roept de subroutine voor het berekenen van $\hat{y}$ op.
Y04 STO Y	Slaat de $\hat{y}$-waarde in Y op.
Y05 INPUT Y	Toont de waarde van y, vraagt om invoer voor y en slaat de eventuele nieuwe waarde in Y op.
Y06 6	
Y07 STO+ i	Past de indexwaarde aan, zodat de juiste subroutine geadresseerd wordt.
Y08 XEQ(i)	Roept subroutine voor het berekenen van $\hat{x}$ op.
Y09 STO X	Slaat $\hat{x}$ in X op voor de volgende lus.
Y10 GTO Y	Voert de lus uit voor een andere schatting.

Checksum en lengte: BA07 015,0

A01 LBL A	Deze subroutine berekent $\hat{y}$ voor het rechte-lijn-model.
A02 RCL M	
A03 RCL× X	
A04 RCL+ B	Berekent $\hat{y} = MX + B$.
A05 RTN	Gaat terug naar de routine van waaruit deze routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: 2FDA 007,5

Programmaregels:	Beschrijving:
G01 LBL G	Deze subroutine berekent $\hat{x}$ voor het rechte-lijn-model.
G02 STO- i	Herstelt de oorspronkelijke indexwaarde.
G03 RCL Y	
G04 RCL- B	
G05 RCL÷ M	Berekent $\hat{x} = (Y - B) \div M$.
G06 RTN	Gaat terug naar de routine van waaruit deze routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: 0D3F 009,0

B01 LBL B	Deze subroutine berekent $\hat{y}$ voor het logaritmische model.
B02 RCL X	
B03 LN	
B04 RCL× M	
B05 RCL+ B	Berekent $\hat{y} = M \ln X + B$.
B06 RTN	Gaat terug naar de routine van waaruit deze routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: 7AB7 009,0

H01 LBL H	Deze subroutine berekent $\hat{x}$ voor het logaritmische model.
H02 STO- i	Herstelt de oorspronkelijke indexwaarde.
H03 RCL Y	
H04 RCL- B	
H05 RCL÷ M	
H06 e^x	Berekent $\hat{x} = e^{(Y-B) \div M}$.
H07 RTN	Gaat terug naar de routine van waaruit deze routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: B00D 010,5

C01 LBL C	Deze subroutine berekent $\hat{y}$ voor het exponentiële model.
C02 RCL M	
C03 RCL× X	
C04 e^x	
C05 RCL× B	Berekent $\hat{y} = Be^{MX}$.

Programmaregels:	Beschrijving:
C06 RTN	Gaat terug naar de routine van waaruit deze routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: AA19 009,0

I01 LBL I	Deze subroutine berekent $\hat{x}$ voor het exponentiële model.
I02 STO- i	Herstelt de oorspronkelijke indexwaarde.
I03 RCL Y	
I04 RCL÷ B	
I05 LN	
I06 RCL÷ M	Berekent $\hat{x} = (\ln(Y \div B)) \div M$.
I07 RTN	Gaat terug naar de routine van waaruit deze routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: 7D3B 010,5

D01 LBL D	Deze subroutine berekent $\hat{y}$ voor het machtsmodel.
D02 RCL X	
D03 RCL M	
D04 y^x	
D05 RCL× B	Berekent $Y = B(X^M)$.
D06 RTN	Gaat terug naar de routine van waaruit deze routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: 30CD 009,0

J01 LBL J	Deze subroutine berekent $\hat{x}$ voor het machtsmodel.
J02 STO- i	Herstelt de oorspronkelijke indexwaarde.
J03 RCL Y	
J04 RCL÷ B	
J05 RCL M	
J06 $1/x$	
J07 y^x	Berekent $\hat{x} = (Y/B)^{1/M}$.
J08 RTN	Gaat terug naar de routine van waaruit deze routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: 7139 012,0

Gebruikte vlaggen:

Vlag 0 is actief als voor de invoer van X een natuurlijke logaritme vereist is. Vlag 1 is actief als voor de invoer van Y een natuurlijke logaritme vereist is.

Vereiste geheugenruimte:

270 bytes: 174 voor het programma, 96 voor gegevens (statistiekregisters 48)

Instructies voor het programmeren:

1. Toets de programmaroutines in: druk daarna op [C].
2. Druk op [XEQ] en kies de gewenste kromme door op één van de volgende toetsen te drukken:
   - S voor een rechte lijn,
   - L voor een logaritmische kromme,
   - E voor een exponentiële kromme, of
   - P voor een machtskromme.
3. Toets de x-waarde in en druk op [R/S].
4. Toets de y-waarde in en druk op [R/S].
5. Herhaal stap 3 en 4 voor elk gegevenspaar. Als u ontdekt dat u een fout hebt gemaakt nadat u in stap 3 op [R/S] hebt gedrukt (en de aanroep Y?*value* nog in de display staat), drukt u opnieuw op [R/S] (zodat de aanroep X?*value* verschijnt) en drukt u op [XEQ] U (voor Undo) om het laatste gegevenspaar te *annuleren* (verwijderen). Als u na stap 4 ontdekt dat u een fout hebt gemaakt, drukt u op [XEQ] U. In beide gevallen gaat u verder met stap 3.
6. Nadat alle gegevens ingetoetst zijn, drukt u op [XEQ] R om de correlatie-coëfficiënt R te bekijken.
7. Druk op [R/S] om de regressie-coëfficiënt B te bekijken.
8. Druk op [R/S] om de regressie-coëfficiënt M te bekijken.
9. Druk op [R/S] om de aanroep X?*value* te krijgen voor de routine waarmee $\hat{x}$ en $\hat{y}$ worden geschat
10. Als u $\hat{y}$ op basis van x wilt benaderen, toetst u x in achter X?*value* en drukt u vervolgens op [R/S] zodat u $\hat{y}$ (Y?) ziet.
11. Als u $\hat{x}$ op basis van y wilt benaderen, drukt u op [R/S] totdat u Y?*value* ziet, toetst u y in, en drukt u vervolgens op [R/S] om $\hat{x}$ (X?) te krijgen.

12. Ga voor meer benaderingen naar stap 10 of 11.
13. Ga voor een nieuw vraagstuk terug naar stap 2.

Gebruikte variabelen:

B	Regressie-coëfficiënt (snijpunt van een rechte lijn met de y-as); ook gebruikt als tijdelijke variabele.
M	Regressie-coëfficiënt (helling van een rechte lijn).
R	Correlatie-coëfficiënt; ook gebruikt als tijdelijke variabele.
X	De x-waarde van een gegevenspaar bij gegevensinvoer; de hypothetische x bij projectie van $\hat{y}$; of $\hat{x}$ (benadering van x) bij een gegeven hypothetische y.
Y	De y-waarde van een gegevenspaar bij gegevensinvoer; de hypothetische y bij projectie van $\hat{x}$; of $\hat{y}$ (benadering van y) bij een gegeven hypothetische x.
i	Indexvariabele die gebruikt wordt om de juiste $\hat{x}$-, $\hat{y}$-projectievergelijking te adresseren.
Statistiekregisters	Statistische verzameling van gegevens en berekeningen.

Voorbeeld 1:

Pas in de onderstaande gegevens een rechte lijn in. Maak met opzet een fout bij het intoetsen van het derde gegevenspaar en corrigeer de fout met de annuleer-routine. Bereken ook een schatting voor y bij een x-waarde van 37. Bereken een schatting van x bij een y-waarde van 101.

X	40,5	38,6	37,9	36,2	35,1	34,6
Y	104,5	102	100	97,5	95,5	94

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
XEQ S	X?1,0000	Start de routine voor een rechte lijn.
40,5 R/S	Y?*value*	Voert de x-waarde van het gegevenspaar in.
104.5 R/S	X?2,0000	Voert de y-waarde van het gegevenspaar in.
38.6 R/S	Y?104,5000	Voert de x-waarde van het gegevenspaar in.
102 R/S	X?3,0000	Voert de y-waarde van het gegevenspaar in.

Voer nu met opzet 379 in plaats van 37,9 in, zodat u kunt zien hoe u onjuiste gegevens corrigeert.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
379 R/S	Y?102,0000	Voert de verkeerde x-waarde van het gegevenspaar in.
R/S	X?4,0000	Haalt de aanroep X? terug.
XEQ U	X?3,0000	Verwijdert het laatste paar. Ga nu verder met het invoeren van de juiste gegevens.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
37.9 R/S	Y?102,0000	Voert de correcte x-waarde van het gegevenspaar in.
100 R/S	X?4,0000	Voert de y-waarde van het gegevenspaar in.
36.2 R/S	Y?100,0000	Voert de x-waarde van het gegevenspaar in.
97.5 R/S	X?5,0000	Voert de y-waarde van het gegevenspaar in.
35.1 R/S	Y?97,5000	Voert de x-waarde van het gegevenspaar in.
95.5 R/S	X?6,0000	Voert de y-waarde van het gegevenspaar in.
34.6 R/S	Y?95,5000	Voert de x-waarde van het gegevenspaar in.
94 R/S	X?7,0000	Voert de y-waarde van het gegevenspaar in.
XEQ R	R=0,9955	Berekent de correlatie-coëfficiënt.
R/S	B=33,5271	Berekent de regressie-coëfficiënt B.
R/S	M=1,7601	Berekent de regressie-coëfficiënt M.
R/S	X?7,0000	Vraagt om een waarde voor de hypothetische x-waarde.
37 R/S	Y?98,6526	Slaat 37 in X op en berekent $\hat{y}$.
101 R/S	X?38,3336	Slaat 101 in Y op en berekent $\hat{x}$.

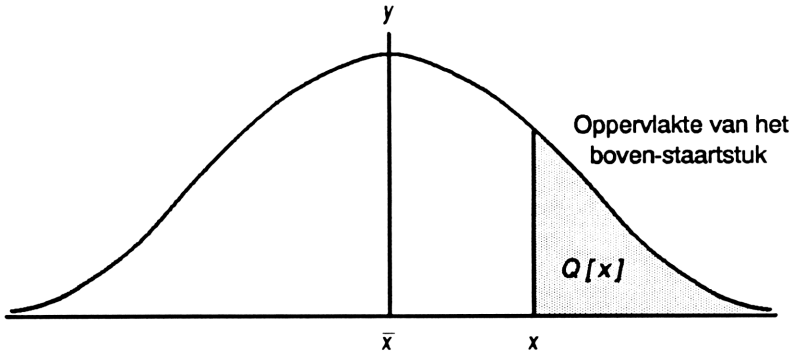
Voorbeeld 2:

Herhaal voorbeeld 1 (met behulp van dezelfde gegevens) voor inpassing in een kromme in een logaritmisch, exponentieel en machtsverheffend model. In de onderstaande tabel staat de label waarmee de uitvoering van het programma gestart wordt en de resultaten (de correlatie- en regressie-coëfficiënten en de schattingen van x en y) voor elk type kromme. Telkens wanneer u het programma voor een ander model uitvoert, moet u de gegevenswaarden opnieuw invoeren.

	Logaritmisch	**Exponentieel**	**Machtsmodel**
Voor de start:	XEQ L	XEQ E	XEQ P
R	0,9965	0,9945	0,9959
B	−139,0088	51,1312	8,9730
M	65,8446	0,0177	0,6640
Y ($\hat{y}$ als X=37)	98,7508	98,5870	98,6845
X ($\hat{x}$ als Y=101)	38,2857	38,3628	38,3151

Normale distributie en inverse normale distributie

De normale distributie wordt vaak gebruikt om een beeld te geven van het gedrag van een willekeurige variatie rond een gemiddelde. Bij dit model wordt ervan uitgegaan dat de steekproeven symmetrisch verdeeld zijn rond het gemiddelde, M, met een standaard deviatie, S, en wordt de vorm van de onderstaande klokvormige kromme benaderd. Bij een gegeven waarde x berekent dit programma de waarschijnlijkheid dat een willekeurige selectie van de steekproeven een hogere waarde zal hebben. Dit staat bekend als de oppervlakte van het boven-staartstuk $Q(x)$. Dit programma geeft ook de inverse: bij een gegeven waarde $Q(x)$, berekent het programma de bijbehorende waarde van x.



$$Q(x) = 0,5 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\bar{x}}^{x} e^{-((x - \bar{x}) \div \sigma)^2 \div 2} \, dx$$

Dit programma gebruikt de ingebouwde integratiemogelijkheid van de HP 32SII om de vergelijking van de normale frequentiekromme te integreren. De inverse wordt bepaald door met behulp van de methode van Newton iteratief op zoek te gaan naar een waarde voor x, die de gegeven waarschijnlijkheid $Q(x)$ oplevert.

Programmalijst:

Programmaregels:	Beschrijving:
S01 LBL S	Deze routine initialiseert het programma voor standaard deviatie.
S02 0	Slaat de standaard waarde voor het gemiddelde op.
S03 STO M	
S04 INPUT M	Vraagt om een waarde voor het gemiddelde, M en slaat deze waarde op.
S05 1	Slaat de standaard waarde voor standaard deviatie op.
S06 STO S	
S07 INPUT S	Vraagt om een waarde voor de standaard deviatie, S, en slaat deze waarde op.
S08 RTN	Stopt het tonen van de waarde van de standaard deviatie.

Checksum en lengte: E5FA 012,0

D01 LBL D	Deze routine berekent Q(X) bij een gegeven X.
D02 INPUT X	Vraagt om een waarde voor X en slaat deze op.
D03 XEQ Q	Berekent de oppervlakte van het boven-staartstuk.
D04 STO Q	Slaat de waarde in Q op, zodat de VIEW functie deze waarde kan tonen.
D05 VIEW Q	Toont $Q(X)$.
D06 GTO D	Voert de lus uit om een andere $Q(X)$ te berekenen.

Checksum en lengte: 2D6A 009,0

I01 LBL I	Deze routine berekent X bij een gegeven Q(X).
I02 INPUT Q	Vraagt om een waarde voor $Q(X)$ en slaat deze waarde op.
I03 RCL M	Roept het gemiddelde op.
I04 STO X	Slaat het gemiddelde op als schatting voor X, die $X_{\text{schatting}}$ genoemd wordt.

Checksum en lengte: 35BF 006,0

Programmaregels:	Beschrijving:
T01 LBL T	Deze label definieert de start van de iteratieve lus.
T02 XEQ Q	Berekent $(Q(X_{\text{schatting}}) - Q(X))$.
T03 RCL- Q	
T04 RCL X	
T05 STO D	
T06 R↓	
T07 XEQ F	Berekent de afgeleide in $X_{\text{schatting}}$.
T08 RCL÷ T	
T09 ÷	Berekent de correctie voor $X_{\text{schatting}}$.
T10 STO+ X	Slaat de correctie op voor een nieuwe $X_{\text{schatting}}$.
T11 ABS	
T12 0,0001	
T13 x<y?	Test of de correctie significant is.
T14 GTO	Gaat terug naar het begin van de lus als de correctie significant is. Gaat verder als de correctie niet significant is.
T15 RCL X	
T16 VIEW X	Toont de berekende waarde van X.
T17 GTO I	Voert de lus uit om een andere X te berekenen.

Checksum en lengte: C2AD 033,5

Q01 LBL Q	Deze subroutine berekent $Q(x)$, de oppervlakte van het boven-staartstuk.
Q02 RCL M	Roept de ondergrens voor de integratie op.
Q03 RCL X	Roept de bovengrens voor de integratie op.
Q04 FN= F	Kiest de functie die door LBL F voor de integratie is gedefinieerd.
Q05 ∫FN d D	Integreert de normale functie met behulp van de tijdelijke variabele D.
Q06 2	
Q07 π	
Q08 ×	
Q09 SQRT	
Q10 RCL× S	Berekent $S \times \sqrt{2\pi}$.
Q11 STO T	Slaat het resultaat tijdelijk op voor de inverse routine.
Q12 ÷	
Q13 +/-	
Q14 0.5	

Programmaregels:	Beschrijving:
015 +	Telt de halve oppervlakte onder de kromme op, omdat bij het integreren het gemiddelde als ondergrens werd gebruikt.
016 RTN	Gaat terug naar de routine van waaruit deze routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: F79E 032,0

F01 LBL F	Deze subroutine berekent de integrand voor de normale functie $e^{-((X-M)\div S)^2\div 2}$.
F02 RCL D	
F03 RCL- M	
F04 RCL÷ S	
F05 x^2	
F06 2	
F07 ÷	
F08 +/−	
F09 e^x	
F10 RTN	Gaat terug naar de routine van waaruit deze routine werd opgeroepen.

Checksum en lengte: 3DC2 015,0

Gebruikte vlaggen:

Geen

Vereiste geheugenruimte:

155,5 bytes: 107,5 voor het programma, 48 voor variabelen.

Opmerkingen:

De nauwkeurigheid van dit programma is afhankelijk van de display instelling. Voor het invoeren van waarden in het gebied tussen ±3 standaard deviaties, volstaat bij de meeste toepassingen het tonen van vier of meer significante cijfers. Bij een volledige nauwkeurigheid ligt de invoergrens bij ±5 standaard deviaties. Wanneer minder cijfers getoond worden, kosten de berekeningen aanzienlijk minder tijd.

In routine N kan de constante 0,5 vervangen worden door 2 en [1/x]. Dit is weliswaar minder duidelijk, maar bespaart 6,5 bytes.

U hoeft de inverse routine niet in te toetsen (in routines I en T) als u de mogelijkheid van de inverse niet wilt gebruiken.

Instructies voor het programmeren:

1. Toets de programmaroutines in: druk daarna op [C].
2. Druk op [XEQ] S.
3. Toets na de aanroep voor M het gemiddelde van de populatie in en druk op [R/S]. (Als het gemiddelde nul is, drukt u alleen op [R/S].)
4. Na de aanroep voor S toetst u de standaard deviatie van de populatie in en drukt u op [R/S]. (Als de standaard deviatie 1 is, drukt u alleen op [R/S].)
5. Als u X bij een gegeven $Q(X)$ wilt berekenen, gaat u verder met stap 9 van deze instructies.
6. Om $Q(X)$ bij een gegeven X te berekenen, drukt u op [XEQ] D.
7. Toets na de aanroep de waarde van X in en druk op [R/S]. Het resultaat, $Q(X)$, wordt getoond.
8. Als u $Q(X)$ voor een nieuwe X met hetzelfde gemiddelde en dezelfde standaard deviatie wilt berekenen, drukt u op [R/S] en gaat u naar stap 7.
9. Als u X bij een gegeven $Q(X)$ wilt berekenen, drukt u op [XEQ] I.
10. Toets na de aanroep de waarde van $Q(X)$ in en druk op [R/S]. Het resultaat X wordt getoond.
11. Als u X wilt berekenen voor een nieuwe $Q(X)$ met hetzelfde gemiddelde en dezelfde standaard deviatie, drukt u op [R/S] en gaat u naar stap 10.

Gebruikte variabelen:

D	Tijdelijke integratievariabele.
M	Gemiddelde van de populatie, standaard waarde is nul.
Q	Waarschijnlijkheid die overeenkomt met de oppervlakte van het boven-staartstuk.
S	Standaard deviatie van de populatie, standaard waarde is 1.
T	De variabele die tijdelijk gebruikt wordt om de waarde $S \times \sqrt{2\pi}$ door te geven aan het inverse programma.
X	Invoerwaarde die de linkerzijde van de oppervlakte van het boven-staartstuk definieert.

Voorbeeld 1:

Een goede vriend regelt voor u een afspraakje, en zegt dat de betreffende persoon een intelligentie van "3σ" heeft. Volgens uw interpretatie betekent dit dat deze persoon intelligenter is dan de gemiddelde plaatselijke bevolking, met uitzondering van de mensen met een intelligentie van meer dan drie standaard deviaties van het gemiddelde.

Stel dat u schat dat bij de plaatselijke bevolking 10.000 mensen in aanmerking komen voor de afspraak. Hoeveel mensen vallen dan binnen de grens van "3σ"? Omdat deze vraag in termen van standaard deviatie gesteld wordt, gebruikt u de standaard waarden nul voor M en 1 voor S.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[XEQ] S	M?0,0000	Start de initialisatieroutine.
[R/S]	S?1,0000	Accepteert de standaard waarde nul voor M.
[R/S]	1,0000	Accepteert de standaard waarde 1 voor S.
[XEQ] D	X?*value*	Start het distributieprogramma en vraagt om een waarde voor X.
3 [R/S]	Q=0,0014	Voert 3 in voor X en begint met het berekenen van $Q(X)$. Toont het aantal mensen dat intelligenter is dan de rest van de bevolking (binnen drie standaard deviaties van het gemiddelde).
10000 [×]	13,5049	Vermenigvuldigt deze waarde met de bevolking. Toont een benadering van het aantal mensen van de plaatselijke bevolking dat voldoet aan de criteria.

Omdat u weet dat uw vriend vaak overdrijft, kijkt u hoe groot de waarschijnlijkheid is dat u iemand met een intelligentie van "2σ" ontmoet. Denk eraan, dat u alleen maar op [R/S] hoeft te drukken om het programma opnieuw uit te voeren.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[R/S]	X?3,0000	Gaat verder met het programma.
2 [R/S]	Q=0.0227	Voert 2 in als waarde voor X en berekent $Q(X)$.
10000 [×]	227,4937	Vermenigvuldigt deze waarde met de bevolking voor de nieuwe schatting.

Voorbeeld 2:

Bij een test is de gemiddelde score 55. De standaard deviatie is 15,3. Als we veronderstellen dat de normale standaard kromme de distributie adequaat bepaalt, wat is dan de waarschijnlijkheid dat een willekeurige student een score van 90 haalt? Wat is de score die waarschijnlijk door slechts 10 procent van de studenten is overschreden? Wat is de score die slechts door 20 procent van de studenten niet is gehaald?

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[XEQ] S	M?0,0000	Start de initialisatieroutine.
55 [R/S]	S?1,0000	Slaat 55 op voor het gemiddelde.
15.3 [R/S]	15,3000	Slaat 15,3 op voor de standaard deviatie.
[XEQ] D	X?*value*	Start het distributieprogramma en vraagt om een waarde voor X.
90 [R/S]	Q=0,0111	Voert 90 in voor X en berekent Q(X).

Volgens deze berekening haalt slechts circa 1 procent van de studenten een score die hoger is dan 90.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
XEQ I	0?0,0111	Start de inverse van de routine.
0.1 R/S	X=74,6078	Slaat 0,1 (10 procent) op in $Q(X)$ en berekent X.
R/S	0?0,1000	Gaat verder met de inverse van de routine.
0.8 R/S	X=42,1232	Slaat 0,8 (100 procent min 20 procent) op in $Q(X)$ en berekent X.

Standaard deviatie van gegroepeerde gegevens

De standaard deviatie van gegroepeerde gegevens, S_{xg}, is de standaard deviatie van de gegevenspunten $x_1, x_2, \ldots, x_n$ die voorkomen met een frequentie van positieve gehele getallen $f_1, f_2, \ldots, f_n$.

$$S_{xg} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 f_i - \frac{(\sum x_i f_i)^2}{\sum f_i}}{(\sum f_i) - 1}}$$

Met dit programma kunt u gegevens invoeren, ingevoerde gegevens corrigeren en de standaard deviatie en het gewogen gemiddelde van de gegroepeerde gegevens berekenen.

Programmalijst:

Programmaregels:	Beschrijving:
S01 LBL S	Start het programma voor standaard deviatie van gegroepeerde gegevens.
S02 CLΣ	Wist statistiekregisters (28 tot en met 33).
S03 0	
S04 STO N	Wist de teller N.

Checksum en lengte: 104F 006,0

I01 LBL I	Invoer van statistische gegevenspunten.
I02 INPUT X	Slaat een gegevenspunt in X op.
I03 INPUT F	Slaat de frequentie van de gegevenspunten in F op.
I04 1	Voert de verhoging voor N in.
I05 RCL F	Roept de frequentie van de gegevenspunten, f_i, op.

Checksum en lengte: 4060 007,5

F01 LBL F	Verzamelt sommaties.
F02 28	
F03 STO i	Slaat de index voor register 28 op.
F04 R↓	
F05 STO+(i)	Werkt Σf_i in register 28 bij.
F06 RCL× X	$x_i f_i$.
F07 29	
F08 STO i	Slaat de index voor register 29 op.
F09 R↓	
F10 STO+(i)	Werkt $\Sigma x_i f_i$ in register 29 bij.
F11 RCL× X	$x_i^2 f_i$.
F12 31	
F13 STO i	Slaat de index voor register 31 op.
F14 R↓	
F15 STO+(i)	Werkt $\Sigma x_i^2 f_i$ in register 31 bij.
F16 x<>y	Haalt 1 (of −1) op.
F17 STO+ N	Verhoogt (of verlaagt) N.
F18 RCL N	
F19 VIEW N	Toont het huidige aantal gegevensparen.
F20 GTO I	Gaat naar label I voor de volgende invoer.

Checksum en lengte: 214E 030,0

Programmaregels:	Beschrijving:
G01 LBL G	Berekent statistieken voor gegroepeerde gegevens.
G02 s_x	Standaard deviatie van gegroepeerde gegevens.
G03 STO S	
G04 VIEW S	Toont de standaard deviatie van gegroepeerde gegevens.
G05 $\bar{x}$	Gewogen gemiddelde.
G06 STO M	
G07 VIEW M	Toont het gewogen gemiddelde.
G08 GTO I	Gaat terug voor andere punten.

Checksum en lengte: 4A4A 012,0

U01 LBL U	Annuleert fout bij het invoeren van gegevens.
U02 -1	Voert verlaging voor N in.
U03 RCL F	Roept de laatste invoer van de gegevensfrequentie op.
U04 +/-	Verandert het teken van f_i.
U05 GTO F	Past de teller en de sommaties aan.

Checksum en lengte: 615A 015,5

Gebruikte vlaggen:

Geen

Vereiste geheugenruimte:

143 bytes: 71 voor de programma's, 72 voor de gegevens.

Instructies voor het programmeren:

1. Toets de programmaroutines in: druk daarna op [C].
2. Druk op [XEQ] S om het invoeren van de nieuwe gegevens te starten.
3. Toets de x_i-waarde (gegevenspunt) in en druk op [R/S].
4. Toets de f_i-waarde in (frequentie) en druk op [R/S].
5. Druk op [R/S] nadat u het aantal ingevoerde punten hebt bekeken.
6. Herhaal stap 3 tot en met 5 voor elk gegevenspunt.

   Als u ontdekt dat u een fout hebt gemaakt bij het invoeren van de gegevens (x_i of f_i) nadat u in stap 4 op [R/S] hebt gedrukt, drukt u

op [XEQ] U en daarna opnieuw op [R/S]. Vervolgens gaat u terug naar stap 3 om de juiste gegevens in te voeren.

7. Nadat u het laatste gegevenspaar hebt ingevoerd, drukt u op [XEQ] G om de standaard deviatie van de gegevensgroepen te berekenen en te tonen.
8. Druk op [R/S] om het gewogen gemiddelde van de gegevensgroepen te tonen.
9. Als u extra gegevenspunten wilt invoeren, drukt u op [R/S] en gaat u verder met stap 3.

   Als u een nieuw vraagstuk wilt berekenen, begint u bij stap 2.

Gebruikte variabelen:

X	Gegevenspunt.
F	Frequentie van gegevenspunten.
N	Teller van gegevenspunten.
S	Standaard deviatie van gegroepeerde gegevens.
M	Gewogen gemiddelde.
i	Indexvariabele die gebruikt wordt om het juiste statistiekregister indirect te adresseren.
Register 28	Sommatie Σf_i.
Register 29	Sommatie $\Sigma x_i f_i$.
Register 31	Sommatie $\Sigma x_i^2 f_i$.

Voorbeeld:

Voer de volgende gegevens in en bereken de standaard deviatie van de gegevensgroepen.

Groep	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
$\mathbf{x_i}$	5	8	13	15	22	37
$\mathbf{f_i}$	17	26	37	43	73	115

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
XEQ S	X?*value*	Vraagt om een waarde voor de eerste x_i.
5 R/S	F?*value*	Slaat 5 in X op; vraagt om een waarde voor de eerste f_i.
17 R/S	N=1,0000	Slaat 17 in F op; toont de teller.
R/S	X?5,0000	Vraagt om een waarde voor de tweede x_i.
8 R/S	F?17,0000	Vraagt om een waarde voor de tweede f_i.
26 R/S	N=2,0000	Toont de teller.
R/S	X?8,0000	Vraagt om een waarde voor de derde x_i.
14 R/S	F?26,0000	Vraagt om een waarde voor de derde f_i.
37 R/S	N=3,0000	Toont de teller.

U hebt een fout gemaakt door voor x_3 14 in plaats van 13 in te voeren. Maak de fout ongedaan door de routine U uit te voeren:

XEQ U	N=2,0000	Verwijdert de onjuiste gegevens; toont de gewijzigde teller.
R/S	X?14,0000	Vraagt om een nieuwe waarde voor de derde x_i.
13 R/S	F?37,0000	Vraagt om een nieuwe waarde voor de derde f_i.
R/S	N=3,0000	Toont de teller.
R/S	X?13,0000	Vraagt om een waarde voor de vierde x_i.
15 R/S	F?37,0000	Vraagt om een waarde voor de vierde f_i.
43 R/S	N=4,0000	Toont de teller.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
R/S	X?15,0000	Vraagt om een waarde voor de vijfde x_i.
22 R/S	F?43,0000	Vraagt om een waarde voor de vijfde f_i.
73 R/S	N=5,0000	Toont de teller.
R/S	X?22,0000	Vraagt om een waarde voor de zesde x_i.
37 R/S	F?73,0000	Vraagt om een waarde voor de zesde f_i.
115 R/S	N=6,0000	Toont de teller.
XEQ G	S=11,4118	Berekent en toont de standaard deviatie (sx)van de gegevensgroepen van de zes gegevenspunten.
R/S	M=23,4084	Berekent en toont het gewogen gemiddelde ($\bar{x}$).
C	23,4084	Wist VIEW.

17

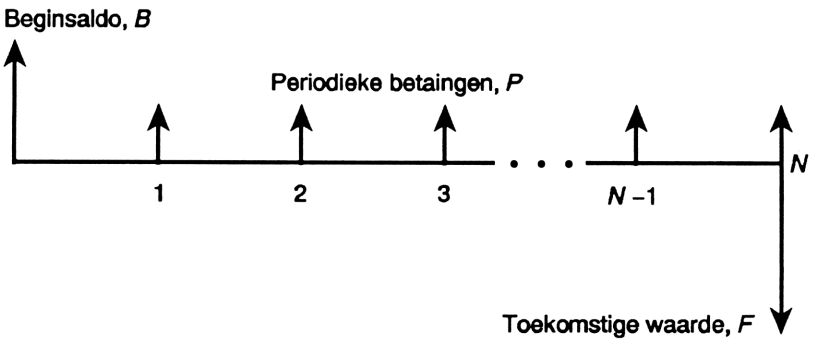
Diverse programma's en vergelijkingen

Periodieke geldwaarde (Time Value of Money)

Als vier van de vijf waarden in de "Time Value of Money" (TVM) vergelijking bekend zijn, kunt u de vijfde waarde oplossen. Deze vergelijking kan voor een groot aantal verschillende financiële toepassingen gebruikt worden, bijvoorbeeld voor persoonlijke leningen, hypotheken en spaarrekeningen.

De TVM vergelijking heeft de volgende vorm:

$$P\left[\frac{1-(1+I/100)^{-N}}{I/100}\right]+F(1+(I/100))^{-N}+B=0$$



De tekens van de geldwaarden (Beginsaldo B, periodieke betaling, P, en toekomstig saldo, F) komen overeen met de richting van de geldstroom. Geld dat u ontvangt wordt weergegeven met een plus-teken en geld dat u betaalt met een min-teken. Denk eraan dat elk probleem vanuit twee gezichtspunten bekeken kan worden. Voor de kredietgever en kredietnemer heeft dezelfde situatie tegengestelde tekens.

De vergelijking invoeren:

Toets de volgende vergelijking in:

P×100×(1-(1+I÷100)^-N)÷I+F×(1+I÷100)^-N+B

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[→] [EQN]	EQN LIST TOP of huidige vergelijking.	Kiest Vergelijkingenmodus.
[RCL] P [×] 100	P× 100_	Start het invoeren van de vergelijking.
[×] [→] [(] 1 [−]	P×100×(1-■	
[→] [(] 1 [+]	×100×(1-(1+■	
[RCL] I [÷] 100	1-(1+I÷ 100_	
[→] [)] [y^x]	-(1+I÷100)^■	
[−] [RCL] N [→] [)]	+I÷100)^-N)■	
[÷] [RCL] I [+] [RCL] F [×]	0)^-N)÷I+F×■	
[→] [(] 1 [+] [RCL] I	N)÷I+F×(1+I■	
[÷] 100 [→] [)]	F×(1+I÷100)■	
[y^x] [−] [RCL] N	1+I÷100)^-N■	
[+] [RCL] B	I÷100)^-N+B■	
[ENTER]	P×100×(1-(1+	Beëindigt de vergelijking.
[→] [SHOW] (ingedrukt houden)	CK=45C4 054,0	Checksum en lengte.

Vereiste geheugenruimte:

94 bytes: 54 bytes voor de vergelijking, 40 voor de variabelen.

Opmerkingen:

Bij de TVM vergelijking mag *I* niet gelijk zijn aan nul om een DIVIDE BY 0 fout te voorkomen. Als u *I* oplost en niet zeker weet wat de huidige waarde is, drukt u op 1 (STO) I voordat u met de SOLVE bewerking begint ((→) (SOLVE) I).

De volgorde waarin het programma om invoer van waarden vraagt, is afhankelijk van de variabele die opgelost wordt.

SOLVE instructies:

1. Als u met de *eerste* TVM berekening de rente I oplost, drukt u op 1 (STO) I.
2. Druk op (→) (EQN). Druk, zo nodig, op (←) (▲) of (←) (▼) om de Vergelijkingenlijst te verplaatsen tot u bij de TVM vergelijking komt.
3. Voer één van de volgende vijf bewerkingen uit:
   a. Druk op (→) (SOLVE) N om het aantal aflossingstermijnen te berekenen.
   b. Druk op (→) (SOLVE) I om de periodieke rente te berekenen.

      Bij een maandelijkse aflossing is het resultaat dat u voor *I* berekent, *de maandelijkse* rente *i*; druk op 12 (×) om de jaarlijkse rente in de display te krijgen.
   c. Druk op (→) (SOLVE) B om het beginsaldo van een lening of spaarrekening te berekenen.
   d. Druk op (→) (SOLVE) P om de periodieke betaling te berekenen.
   e. Druk op (→) (SOLVE) F om de toekomstige waarde of het toekomstige saldo van een lening te berekenen.
4. Toets de waarden van de vier bekende variabelen in als het programma daarom vraagt; druk na elke waarde op (R/S).
5. Nadat u voor de laatste keer op (R/S) hebt gedrukt, wordt de waarde van de onbekende variabele berekend en getoond.
6. Ga voor het berekenen van een nieuwe variabele of het opnieuw berekenen van dezelfde variabele met andere gegevens, terug naar stap 2.

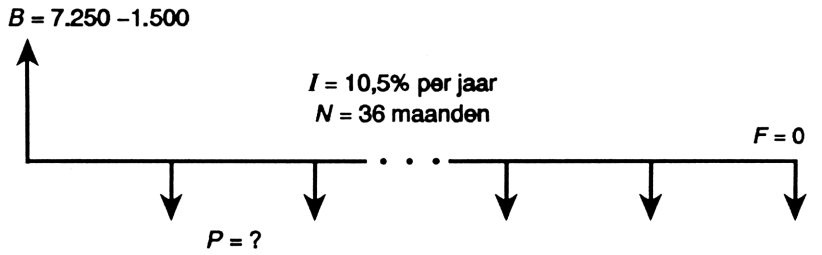
Hier werkt SOLVE ook zonder initiële schattingen.

Gebruikte variabelen:

N	Het aantal aflossingstermijnen.
I	De *periodieke* rente in percentages uitgedrukt. (Als bijvoorbeeld de *jaarlijkse* rente 15% bedraagt, en er 12 betalingen per jaar zijn, is het *periodieke* rentepercentage *i* 15÷12=1.25%.)
B	Het beginsaldo van een lening of spaarrekening.
P	De periodieke betaling.
F	De toekomstige waarde van een spaarrekening of het toekomstige saldo van een lening.

Voorbeeld:

Deel 1. U financiert de aankoop van een auto met een lening die een looptijd van 3 jaar (36 maanden) heeft , een rentepercentage van 10,5% en maandelijkse aflossingen. De prijs van de auto is *f*7.250. Uw eerste aanbetaling bedraagt *f*1.500. Hoeveel betaalt u per maand?



Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↩ DISP {FX} 2		Kiest de display instelling FIX 2.
↪ EQN (↩ ▼ zo nodig)	P×100×(1-(1+	Toont het meest linkse gedeelte van de TVM vergelijking.
↪ SOLVE P	I?*value*	Kiest P; vraagt om een waarde voor I.
10.5 ENTER 12 ÷	I?0,88	Zet de invoer voor het jaarlijkse rentepercentage om in het overeenkomstige maandelijkse rentepercentage.
R/S	N?*value*	Slaat 0,88 in I op; vraagt om een waarde voor N.
36 R/S	F?*value*	Slaat 36 in N op; vraagt om een waarde voor F.
0 R/S	B?*value*	Slaat 0 in F op; vraagt om een waarde voor B.
7250 ENTER 1500 −	B?5.750,00	Berekent B, het beginsaldo van de lening.
R/S	SOLVING P=⁻186,89	Slaat 5750 in B op; berekent de maandelijkse betaling, P.

Het antwoord is negatief, omdat de lening bekeken wordt vanuit het standpunt van de kredietnemer. Het geld dat de kredietnemer ontvangt (het beginsaldo) is positief, en het geld dat hij betaalt is negatief.

Deel 2. Bij welk rentepercentage wordt de maandelijkse betaling met *f*10 verlaagd?

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
→ EQN	P×100×(1-(1+	Toont het meest linkse gedeelte van de TVM vergelijking.
→ SOLVE I	P?-186,89	Kiest I; vraagt om een waarde voor *P*.
← RND	P?-186,89	Rondt de betaling af op twee decimalen.
10 +	P?-176,89	Berekent de nieuwe betaling.
R/S	N?36,00	Slaat −176,89 in *P* op; vraagt om een waarde voor *N*.
R/S	F?0,00	Laat 36 in *N* staan; vraagt om een waarde voor *F*.
R/S	B?5.750,00	Laat 0 in *F* staan; vraagt om een waarde voor *B*.
R/S	SOLVING I=0,56	Laat 5750 in *B* staan; berekent het maandelijkse rentepercentage.
12 ×	6,75	Berekent het jaarlijkse rentepercentage.

Deel 3. Stel dat u de auto na twee jaar verkoopt bij het berekende rentepercentage (6,75%). Welk saldo houdt u dan over? Met andere woorden, wat is het toekomstige saldo over twee jaar?

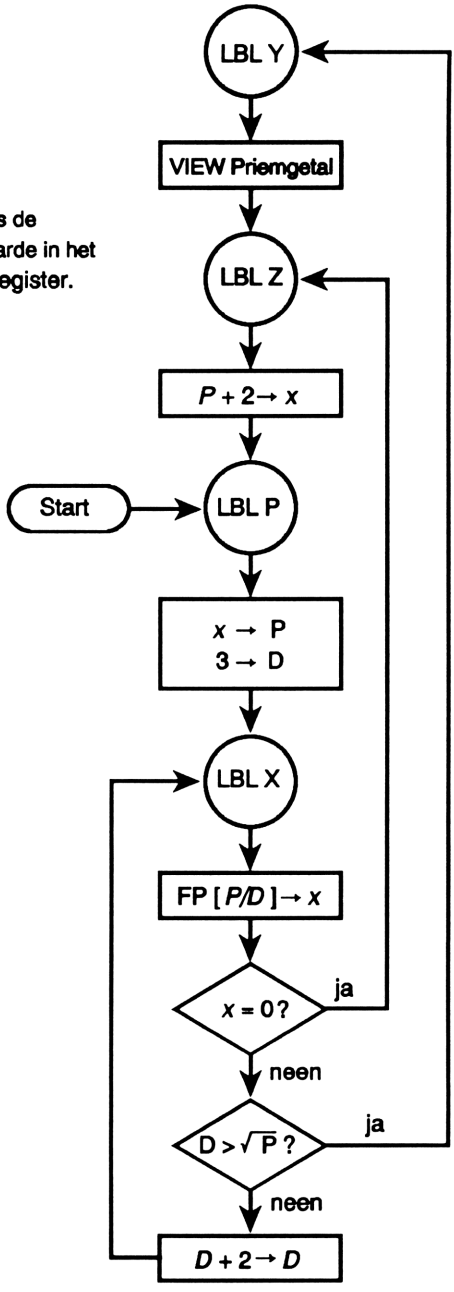
U ziet dat het rentepercentage I uit deel 2 *niet* gelijk is aan nul, zodat u geen DIVIDE BY 0 fout krijgt als u de nieuwe I berekent.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[→] [EQN]	P×100×(1-(1+	Toont het meest linkse gedeelte van de TVM vergelijking.
[→] [SOLVE] F	P?⁻176,89	Kiest F; vraagt om een waarde voor P.
[R/S]	I?0,56	Laat de waarde in P staan; vraagt om een waarde voor I.
[R/S]	N?36,00	Laat 0,56 in I staan; vraagt om een waarde voor N.
24 [R/S]	B?5,750,00	Slaat 24 in N op; vraagt om een waarde voor B.
[R/S]	SOLVING F=⁻2.047,05	Laat 5750 in B staan; berekent F, het toekomstige saldo. Ook hier is de waarde negatief; dit geeft aan dat u dit bedrag moet betalen.
[←] [DISP] {FX} 4		Stelt display instelling FIX 4 in.

Priemgetallen genereren

Dit programma accepteert alle positieve gehele getallen die groter zijn dan 3. Als het getal een priemgetal is (alleen deelbaar door zichzelf en 1), levert het programma de ingevoerde waarde op. Als geen priemgetal is ingevoerd, geeft het programma het eerstvolgende priemgetal dat groter is dan de ingevoerde waarde. Eerst wordt gekeken of het om een even getal gaat. Door uitvoerige pogingen om de ingevoerde waarde door alle mogelijke factoren te delen, herkent het programma of het getal een priemgetal is. Als het getal geen priemgetal is, telt het programma er 2 bij op (zodat het nog steeds een oneven getal is) en voert het een test uit om te zien of een priemgetal gevonden kan worden. Deze procedure wordt herhaald totdat een priemgetal wordt gevonden.

Let op: x is de waarde in het *X*-register.



Programma:

Programmaregels:	Beschrijving:
Y01 LBL Y	Deze routine toont het priemgetal *P*.
Y02 VIEW P	
Checksum en lengte: 5D0B 003,0	
Z01 LBL Z	Deze routine telt 2 op bij *P*.
Z02 2	
Z03 RCL+ P	
Checksum en lengte: 0C68 004,5	
P01 LBL P	Deze routine slaat de ingevoerde waarde voor *P* op.
P02 STO P	
P03 2	
P04 ÷	
P05 FP	
P06 0	
P07 x=y?	Test of de ingevoerde waarde *even* is.
P08 1	
P09 STO+ P	Verhoogt *P* als een even waarde ingevoerd is.
P10 3	Slaat 3 als testdeler in *D* op.
P11 STO D	
Checksum en lengte: 40BA 016,5	
X01 LBL X	Deze routine test *P* om vast te stellen of het een priemgetal is.
X02 RCL P	
X03 RCL÷ D	
X04 FP	Berekent het breukgedeelte van $P \div D$.
X05 x=0?	Test of de rest gelijk is aan nul (*geen* priemgetal).
X06 GTO Z	Probeert de volgende mogelijkheid als het getal geen priemgetal is.
X07 RCL P	
X08 SQRT	
X09 RCL D	
X10 x>y?	Test of alle mogelijke factoren geprobeerd zijn.
X11 GTO Y	Als alle factoren geprobeerd zijn, springt deze routine naar de display routine.
X12 2	Berekent de eerstvolgende mogelijke factor, $D + 2$.
X13 STO+ D	

Programmaregels:	Beschrijving:
14 GTO	Springt om een mogelijk priemgetal te testen met de nieuwe factor.

Checksum en grootte: 061F 021,0

Gebruikte vlaggen:

Geen.

Vereiste geheugenruimte:

61 bytes: 45 voor het programma, 16 voor de variabelen.

Instructies voor het programmeren:

1. Toets de programmaroutines in; druk daarna op [C].
2. Toets een positief geheel getal in dat groter is dan 3.
3. Druk op [XEQ] *P* om het programma uit te voeren. Het priemgetal, *P*, wordt getoond.
4. Druk op [R/S] om het volgende priemgetal te krijgen.

Gebruikte variabelen:

P	Priemgetal en mogelijke priemgetallen.
D	Deler die gebruikt wordt om de huidige waarde van *P* te testen.

Opmerkingen:

Er wordt geen test uitgevoerd die controleert of de ingevoerde waarde groter is dan 3.

Voorbeeld:

Wat is het eerste priemgetal na 789? Wat is het volgende priemgetal?

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
789 XEQ P	P=797,0000	Berekent het eerste priemgetal na 789.
R/S	P=809,0000	Berekent het eerste priemgetal na 797.

Deel 3

Appendices en indexen

A

Ondersteuning, batterijen en service

Ondersteuning voor de calculator

RECOM Calculators (zie adres op de binnenzijde van de achteromslag) geeft antwoord op al uw vragen over het gebruik van de calculator. In de praktijk blijkt dat klanten vaak dezelfde vragen hebben over onze produkten. Daarom hebben wij de paragraaf "Antwoorden op de meest voorkomende vragen" opgenomen. Als u het antwoord op uw vraag daar niet vindt, kunt u contact opnemen met HP via het adres of telefoonnummer aan de binnenkant van de achteromslag.

Antwoorden op de meest voorkomende vragen

V: Hoe kan ik vaststellen of de calculator goed werkt?
A: Zie pagina A-5 waarop de diagnostische zelf-test wordt beschreven.

V: De getallen hebben decimale punten in plaats van komma's. Hoe kan ik komma's instellen?
A: Gebruik de functie ↰ MODES {.} (pagina 1-17).

V: Hoe kan ik het aantal decimalen dat de display toont, veranderen?
A: Gebruik het menu ↰ DISP (pagina 1-17).

V: Hoe kan ik het geheugen helemaal of gedeeltelijk wissen?
A: Ga met ↰ CLEAR naar het CLEAR menu. Met dit menu wist u alle variabelen, alle programma's (alleen in Programmamodus), de statistiekregisters of het hele gebruikersgeheugen (niet in Programmamodus).

V: Wat betekent een "E" in een getal (bijvoorbeeld 2,51E-13)?
A: *Macht* van tien; in het voorbeeld $2{,}52 \times 10^{-13}$.

V: De calculator heeft de melding MEMORY FULL laten zien. Wat moet ik nu doen?
A: Voordat u verder gaat, moet een gedeelte van het geheugen worden gewist. (Zie appendix B.)

V: Waarom geeft de calculator bij berekening van de sinus (of tangens) van π radialen een heel klein getal in plaats van 0?
A: π kan niet *exact* worden weergegeven omdat de calculator in 12 cijfers nauwkeurig werkt.

V: Waarom krijg ik onjuiste oplossingen bij trigonometrische functies?
A: Controleer of de calculator de juiste hoekmodus gebruikt (↰ MODES {DG}, {RD}, of {GR}).

V: Wat betekent het symbool in de display?
A: Het symbool is een *indicator*; het geeft informatie over de status van de calculator. Zie "Indicators" in hoofdstuk 1.

V: Getallen worden weergegeven als breuken. Hoe krijg ik decimale getallen?
A: Druk op ↰ FDISP.

Omgevingsfactoren

De calculator is betrouwbaar als de volgende temperatuur- en vochtigheidsbeperkingen niet worden overschreden:

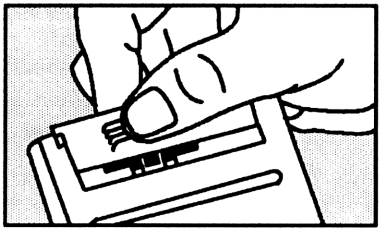
- Temperatuur tijdens gebruik: 0 tot 45 °C (32 tot 113 °F).
- Bewaartemperatuur: −20 tot 65 °C (−4 tot 149 °F).
- Vochtigheid tijdens gebruik en voor het bewaren: 90% relatieve vochtigheid bij maximaal 40 °C (104 °F).

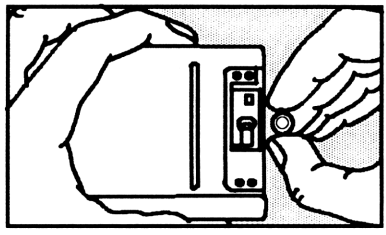
De batterijen vervangen

Vervang de batterijen zo snel mogelijk als u de ▭ indicator ziet (dit geeft aan dat de batterijen bijna leeg zijn). Als deze indicator brandt en de display zwakker wordt, kunnen gegevens verloren gaan. Als gegevens verloren gaan, ziet u de melding MEMORY CLEAR.

Als de batterijen verwijderd zijn, moeten binnen 2 minuten nieuwe worden aangebracht om verlies van informatie te voorkomen. (Pak de nieuwe batterijen erbij voordat u de batterijhouder opent.) Neem ongebruikte I.E.C LR44 (of gelijkwaardige) knoopcelbatterijen. **Gebruik geen oplaadbare batterijen.** Zorg ervoor dat de calculator uit staat tijdens het verwisselen van de batterijen.

1. Houd drie nieuwe knoopcelbatterijen bij de hand. Raak de aansluitpunten van de batterijen niet aan; pak de batterijen alleen bij de rand vast.
2. Zet de calculator UIT. **Zet de calculator niet AAN (ⓒ) voordat u klaar bent met het vervangen van de batterijen. Als de calculator AAN staat terwijl de batterijen worden verwijderd, wordt het permanente geheugen gewist.**
3. Verwijder het klepje van de batterijhouder door het omlaag te duwen en uit de calculator te schuiven (linker afbeelding).





4. Draai de calculator om en schud de batterijen eruit.

Pas op

De batterijen mogen niet beschadigd, doorboord of in het vuur gegooid worden. De batterijen kunnen dan opengaan of ontploffen, waardoor gevaarlijke chemische stoffen vrijkomen.

5. Breng de nieuwe batterijen in (rechter afbeelding). Plaats ze bovenop elkaar, zoals op de binnenkant van de batterijhouder staat aangegeven.
6. Breng het klepje van de batterijhouder weer aan (schuif het uitstekende deel van het klepje in de sleuf).

De werking van de calculator testen

Volg de onderstaande richtlijnen om te bepalen of de calculator goed werkt. Test de calculator na iedere stap om te controleren of hij weer normaal werkt. Raadpleeg pagina A-8 als de calculator service nodig heeft.

- **De calculator gaat niet aan (stap 1-4) of reageert niet als u op een toets drukt (stap 1-3):**

  1. Stel de calculator opnieuw in. Houd [C] ingedrukt en druk op [LN].
     Soms moet dit een paar keer herhaald worden.
  2. Wis het geheugen. Druk op [C] en houd deze toets ingedrukt; druk op [√x] en [Σ+] en houd ook deze twee toetsen ingedrukt. Het geheugen wordt gewist en u ziet de melding MEMORY CLEAR als u de drie toetsen loslaat.
  3. Verwijder de batterijen (zie "De batterijen vervangen") en druk een muntstuk voorzichtig tegen de beide contactpunten voor de batterijen in de calculator. Breng de batterijen weer aan en zet de calculator aan. Als het goed is, ziet u nu MEMORY CLEAR.
  4. Breng nieuwe batterijen in (zie "De batterijen vervangen").

  Als de calculator nu nog niet werkt, heeft hij een servicebeurt nodig.

- **De calculator reageert op toetsaanslagen maar u denkt dat hij niet goed werkt:**

  1. Voer de zelf-test uit die in de volgende paragraaf wordt beschreven. Als de zelf-test niet lukt, heeft de calculator service nodig.
  2. Als de zelf-test wel lukt, hebt u misschien een fout gemaakt bij de bediening van de calculator. Lees de betreffende paragrafen

van de handleiding en "Antwoorden op de meest voorkomende vragen" (pagina A-1).

3. Neem contact op met RECOM Calculators. Het adres en telefoonnummer staan op de binnenkant van de achteromslag.

Zelf-test

Als de display aangaat maar de calculator niet goed lijkt te werken, voert u de volgende diagnostische zelf-test uit:

1. Houd [C] ingedrukt en druk vervolgens tegelijkertijd op [y^x].
2. Druk acht keer op een willekeurige toets en bekijk de getoonde patronen. Nadat u de toets acht keer hebt ingedrukt, toont de calculator de auteursrechtmelding `COPR. HP 87,90` en vervolgens `KBD 01`.
3. Druk op iedere toets van de bovenste rij; begin in de linker bovenhoek ([$\sqrt{x}$]) en ga van links naar rechts. Druk van links naar rechts op iedere toets van de tweede rij en van de derde rij enzovoorts, totdat u op iedere toets hebt gedrukt.
   - Als u de toetsen in de juiste volgorde indrukt en als de toetsen goed werken, toont de calculator `KBD`, gevolgd door getallen van twee cijfers. (De calculator gebruikt een hexadecimaal grondtal om de toetsen te tellen.)
   - Als u de toetsen niet in de juiste volgorde indrukt of als een toets niet goed werkt, ziet u een foutmelding als u op de volgende toets drukt (zie stap 4).
4. Er zijn twee uitkomsten van de zelf-test mogelijk:
   - De calculator toont `32SII-OK` als de zelf-test is gelukt. Ga naar stap 5.
   - De calculator toont `32SII-FAIL`, gevolgd door een getal van één cijfer als de zelf-test is mislukt. Als deze melding is verschenen omdat u de toetsen in de verkeerde volgorde hebt ingedrukt, stelt u de calculator opnieuw in (houd [C] ingedrukt en druk op [LN]). Voer de zelf-test vervolgens opnieuw uit. Als u de toetsen in de goede volgorde hebt ingedrukt en toch deze melding hebt

gekregen, herhaalt u de zelf-test om de uitkomst te controleren. Als de test opnieuw mislukt, heeft de calculator service nodig (zie pagina A-8). Noteer de foutmelding en sluit deze notitie in als u de calculator opstuurt voor een servicebeurt.

5. U verlaat de zelf-test door de calculator opnieuw in te stellen (houd C ingedrukt en druk op LN).

Met C 1/x start u een doorlopende zelf-test die ook in de fabriek wordt gebruikt. U onderbreekt deze fabriekstest door op een willekeurig toets te drukken.

Beperkte garantie van één jaar

Wat onder de garantie valt

De door Hewlett-Packard geleverde garantie voor de calculator geldt ten aanzien van materiaaldefecten en ontoereikend vakmanschap (niet voor de batterijen of door batterijen veroorzaakte schade)*voor de duur van één jaar na datum van oorspronkelijke aankoop.*
In het geval dat u de calculator verkoopt of weggeeft, gaat de garantie automatisch over op de nieuwe eigenaar en blijft geldig voor de rest van de oorspronkelijke garantieperiode van één jaar. Gedurende de garantietermijn kunt u een produkt dat mankementen vertoont door ons kosteloos laten repareren of vervangen, op voorwaarde dat u het betreffende produkt voldoende gefrankeerd aan uw dealer terugstuurt. HP bepaalt of reparatie of vervanging noodzakelijk is. (Vervanging kan plaatsvinden door een nieuwer model van gelijkwaardige of betere functionaliteit.)

Deze garantie geeft u bepaalde wettelijke rechten. Tevens kunnen u bepaalde rechten toekomen die per land, of ook binnen een land kunnen verschillen.

Wat niet onder de garantie valt

Batterijen en door batterijen veroorzaakte schade worden niet door de Hewlett-Packard garantie gedekt. Raadpleeg de producent van de batterijen over de garantie op batterijen en lekkage van batterijen.

Deze garantie geldt niet wanneer het produkt beschadigd is door ongeval of ondeskundig gebruik of ten gevolge van onderhoud of aanpassing door een niet door Hewlett-Packard erkende servicedienst.

Er wordt geen andere speciale garantie verstrekt. Reparatie of vervanging van een produkt is uitsluitend uw eigen verantwoordelijkheid. **ALLE ANDERE GEIMPLICEERDE GARANTIES BETREFFENDE VERKOOPBAARHEID EN CONDITIE VAN HET APPARAAT GELDEN UITSTLUITEND VOOR DE GARANTIEPERIODE VAN DEZE SCHRIFTELIJKE GARANTIE.** In sommige landen zijn beperkingen aangaande de duur van geïmpliceerde garanties niet toegestaan, zodat boven bedoelde beperking niet voor u van toepassing behoeft te zijn.

IN GEEN GEVAL KAN HEWLETT-PACKARD NEDERLAND B.V. VERANTWOORDELIJK WORDEN GEHOUDEN VOOR BIJKOMENDE SCHADE. In sommige landen zijn uitsluiting van de garantie van incidentele of bijkomende schade of beperkingen dienaangaande niet toegestaan, zodat boven bedoelde uitsluiting c.q. beperking niet voor u van toepassing behoeft te zijn.

Produkten worden verkocht op basis van specificaties die van toepassing waren op het tijdstip van produktie. Hewlett-Packard is niet verplicht eenmaal verkochte produkten te wijzigen of moderniseren.

Als de calculator service nodig heeft

Hewlett-Packard heeft Service Centers in vele landen. Deze kunnen de calculator repareren of vervangen (door een gelijkwaardig of nieuwer model), ongeacht de geldigheid van de garantie. Voor service na de garantieperiode worden echter wel kosten in rekening gebracht. Normaal gesproken vindt service en terugzending plaats binnen 10 werkdagen.

- **In de Verenigde Staten:** stuur de calculator op naar het Calculator Service Center waarvan het adres aan de binnenkant van de achteromslag staat.
- **In Europa:** neem contact op met een HP verkoopkantoor of vertegenwoordiger, of met het Europese hoofdkantoor van HP, als u wilt weten waar het dichtstbijzijnde Service Center is. *Verstuur de calculator niet zonder eerst contact op te nemen met een Hewlett-Packard vestiging.*

  In Nederland: neem contact op met de distributeur voor Nederland, RECOM Calculators (zie binnenkant achteromslag).
  In België: Hewlett-Packard Belgium S.A./N.V.
  Woluwedal 100-102 Boulevard de la Woluwe
  B-1200 Brussel
  Tel. 2/761311
  Service Center
- **In andere landen:** neem contact op met een Hewlett-Packard verkoopkantoor of vertegenwoordiger of schrijf naar het Service Center in de V.S. (het adres staat aan de binnenkant van de

achteromslag) als u wilt weten waar andere Service Centers zijn gevestigd. Als de calculator bij u in de buurt niet gerepareerd kan worden, verstuurt u de calculator naar het Service Center in de V.S.

U bent zelf verantwoordelijk voor verzending, regeling van herimport en douanekosten.

Reparatiekosten

Voor service na de garantieperiode gelden standaard reparatiekosten. Het Calculator Service Center (het adres staat aan de binnenkant van de achteromslag) kan u vertellen wat de kosten zijn. Voor zover van toepassing, zijn alle kosten onderhevig aan heffing van lokale verkoopbelastingen of BTW.

De standaard reparatiekosten gelden niet als de calculator is beschadigd door ongeval of ondeskundig gebruik. In deze gevallen wordt het tarief bepaald op grond van factoren zoals bestede tijd en verbruikt materiaal.

Verzendinstructies

Als de calculator een servicebeurt nodig heeft, verstuurt u het apparaat naar een erkend Service Center of inzamelpunt.

- Sluit uw adres en een beschrijving van het probleem in.
- Sluit een bewijs in van de datum van aankoop als de garantie nog geldig is.
- Sluit een betalingsopdracht of een cheque in om de standaard reparatiekosten te voldoen. In de Verenigde Staten en enkele andere landen kan de calculator onder rembours worden verstuurd als u niet vooruit betaalt.
- Verstuur de calculator in een beschermende verpakking om beschadiging te voorkomen. Schade bij verzending valt niet onder de garantie; wij raden u daarom aan hiervoor een verzekering af te sluiten.
- Betaal de kosten van verzending naar het Hewlett-Packard Service Center, ook als de garantietermijn nog niet is verstreken.

Garantie op service

Er geldt een garantie op verleende service ten aanzien van materiaaldefecten of ontoereikend vakmanschap met een duur van 90 dagen vanaf de datum van service.

Service overeenkomsten

In de V.S. kunt u een overeenkomst sluiten voor reparaties en service. Raadpleeg het formulier dat bij deze handleiding zit. Neem voor meer informatie contact op met het Calculator Service Center (zie de binnenkant van het achteromslag).

Voorschriften

V.S.. Omdat de HP 32SII hoogfrequente energie voortbrengt en gebruikt, kunnen storingen in de ontvangst van radio en televisie optreden. De calculator voldoet aan de vereisten voor computerapparatuur van Klasse B, overeeenkomstig de specificaties in Subpart J van Part 15 van de FCC Rules. Deze regels bieden een redelijke bescherming tegen interferentie in een woonomgeving. Als de calculator de ontvangst van radio en televisie toch stoort (wat u kunt vaststellen door de calculator uit en weer aan te zetten of de batterijen te verwijderen), kunt u het volgende proberen:

- Verander de richting van de antenne.
- Verplaats de calculator ten opzichte van de radio of televisie.

Raadpleeg voor meer informatie de leverancier, een ervaren radio- of televisietechnicus of de volgende folder die is uitgegeven door de Federal Communications Commission: *How to Identify and Resolve Radio-TV Interference Problems.* U kunt deze folder bestellen bij: U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20402, Stock Number 004-000-00345-4. Bij de eerste druk van deze handleiding was het telefoonnummer (202) 783-3238.

B

Het gebruikersgeheugen en het stapelgeheugen

In deze appendix worden de volgende onderwerpen besproken:

- het toewijzen en het gebruik van het gebruikersgeheugen,
- de calculator opnieuw instellen zonder dat dit het geheugen beïnvloedt,
- het gehele gebruikersgeheugen wissen en de standaardinstellingen van het systeem opnieuw instellen, en
- de bewerkingen die het omhoogschuiven van het stapelgeheugen beïnvloeden.

Het geheugen van de calculator beheren

De HP 32SII biedt u een gebruikersgeheugen van 384 bytes voor willekeurige combinaties van opgeslagen gegevens (variabelen, vergelijkingen of programmaregels). Ook bij SOLVE, $\int$FN en statistieken wordt het gebruikersgeheugen gebruikt. (Vooral de $\int$FN bewerking kost heel veel geheugenruimte.)

Alle opgeslagen gegevens worden bewaard totdat u duidelijk aangeeft dat ze gewist moeten worden. De melding MEMORY FULL betekent dat er nu niet voldoende geheugenruimte beschikbaar is voor de bewerking die u zojuist probeerde uit te voeren. U moet het gebruikersgeheugen gedeeltelijk (of geheel) wissen. U kunt bijvoorbeeld:

- De inhoud van enkele of alle variabelen wissen (zie "Variabelen wissen" in hoofdstuk 3).
- Enkele of alle vergelijkingen wissen (Zie "Vergelijkingen wijzigen en wissen" in hoofdstuk 6).

- Enkele of alle programma's wissen (zie "Eén of meer programma's wissen" in hoofdstuk 12).
- De statistiekregisters wissen (druk op ↩ CLEAR {Σ}).
- Het gehele gebruikersgeheugen wissen (druk op ↩ CLEAR {ALL}).

Geheugengebruik

Gegevens of bewerking	Gebruikte geheugenruimte
Variabelen	8 bytes per waarde die niet gelijk is aan nul. (Geen bytes voor nul-waarden.)
Instructies in programmaregels	1,5 bytes.
Getallen in programmaregels	Gehele getallen tussen 0 en 254: 1,5 bytes. Alle andere getallen: 9,5 bytes.
Bewerkingen in vergelijkingen	1,5 bytes.
Getallen in vergelijkingen	Gehele getallen tussen 0 en 254: 1,5 bytes. alle andere getallen: 9,5 bytes.
Statistische gegevens	maximaal 48 bytes (8 bytes voor elk sommatieregister dat niet gelijk is aan nul).
SOLVE berekeningen	33,5 bytes.
∫FN bewerkingen (integratie)	140 bytes.

Druk op ↩ MEM om te zien hoeveel geheugenruimte er beschikbaar is. In de display ziet u het aantal beschikbare bytes.

Voer de volgende stappen uit als u wilt zien hoeveel geheugenruimte er nodig is voor een bepaalde vergelijking in de Vergelijkingenlijst:

1. Druk op ↪ EQN om de Vergelijkingenmodus te activeren. (U ziet nu EQN LIST TOP of de linkerzijde van de huidige vergelijking in de display.)

2. Loop, indien nodig, door de Vergelijkingenlijst (druk op ← ▲ of ← ▼) tot u de gewenste vergelijking ziet.

3. Druk op → SHOW om de checksum (hexadecimaal) en de lengte (in bytes) van de vergelijking te tonen. Bijvoorbeeld: CK=7F49 009,0.

Voer de volgende stappen uit als u wilt zien hoeveel geheugenruimte een bepaald programma in totaal gebruikt:

1. Druk op ← MEM {PGM} om de eerste label in het programma te tonen.

2. Loop door het programma (druk op ← ▲ of ← ▼) totdat u de gewenste programmalabel met de bijbehorende lengte ziet. Bijvoorbeeld LBL F 012,0.

3. Optioneel: druk op → SHOW om de checksum (hexadecimaal) en de lengte (in bytes) van het programma te tonen. Bijvoorbeeld CK=5DEA 012,0 voor het programma F.

Voer de volgende stappen uit als u wilt zien hoeveel geheugenruimte een vergelijking in een programma gebruikt:

1. Toon de programmaregel waar de vergelijking in staat.

2. Druk op → SHOW om de checksum en de lengte te tonen. Bijvoorbeeld CK=7F49 009,0.

Druk op → RTN als u de geheugenruimte die toegewezen was aan een onderbroken SOLVE of $\int$FN bewerking met de hand wilt vrijmaken. Het geheugen wordt automatisch vrijgemaakt als u een programma of een volgende SOLVE of $\int$FN bewerking uitvoert.

De calculator opnieuw instellen

Probeer de calculator opnieuw in te stellen als hij niet reageert op toetsaanslagen of andere ongewone reacties vertoont. Bij het opnieuw instellen van de calculator wordt de huidige berekening onderbroken en het invoeren van programma's en cijfers, het uitvoeren van een programma, een SOLVE bewerking, een $\int$FN bewerking, een VIEW of een INPUT display geannuleerd. De opgeslagen gegevens blijven meestal intact.

Om de calculator opnieuw in te stellen houdt u de [C] toets ingedrukt en drukt u op [LN]. Als het niet lukt, vervangt u de batterijen en probeert u het opnieuw. Als de calculator niet opnieuw ingesteld kan worden, of nog steeds niet goed functioneert, kunt u proberen het geheugen te wissen met behulp van de speciale procedure die in de volgende paragraaf wordt beschreven.

De calculator kan zichzelf opnieuw instellen als u de machine hebt laten vallen of als de voeding is onderbroken.

Het geheugen wissen

Bij de normale procedure voor het wissen van het gebruikersgeheugen drukt u op [←] [CLEAR] {ALL}. Er is echter ook een krachtiger procedure waarmee extra informatie opnieuw wordt ingesteld. Deze procedure kan gebruikt worden als het toetsenbord niet goed functioneert.

Probeer de volgende MEMORY CLEAR PROCEDURE als de calculator niet op toetsaanslagen reageert en u dit niet kunt verhelpen door de calculator opnieuw in te stellen of de batterijen te vervangen. Deze toetsaanslagen wissen het gehele geheugen, stellen de calculator opnieuw in *en* herstellen de oorspronkelijke *standaard* voor instellingen en modi (zie hieronder):

1. Druk op [C] en houd deze toets ingedrukt.
2. Druk op [$\sqrt{x}$] en houd deze toets ingedrukt.
3. Druk op [Σ+]. (U drukt hierbij drie toetsen tegelijkertijd in.) Als u alle drie de toetsen loslaat, staat in de display de melding MEMORY CLEAR als de bewerking met succes is uitgevoerd.

Categorie	CLEAR ALL	MEMORY CLEAR (Standaard)
Hoekmodus	Ongewijzigd	Graden
Grondtalinstelling	Ongewijzigd	Decimaal
Contrastinstelling	Ongewijzigd	Middel
Decimale punt	Ongewijzigd	"."
Noemer (/c waarde)	Ongewijzigd	4095
Display instelling	Ongewijzigd	FIX 4
Vlaggen	Ongewijzigd	Niet actief
Display notatie voor breuken	Ongewijzigd	Uit
Kiem van willekeurige getallen	Ongewijzigd	Nul
Vergelijkingencursor	EQN LIST TOP	EQN LIST TOP
Vergelijkingenlijst	Gewist	Gewist
FN= label	Nul	Nul
Programmacursor	PRGM TOP	PRGM TOP
Programmageheugen	Gewist	Gewist
Stapelgeheugen omhoogschuiven	Actief	Actief
Registers van stapelgeheugen	Gewist (worden nul)	Gewist (worden nul)
Variabelen	Gewist (worden nul)	Gewist (worden nul)

Het geheugen kan per ongeluk worden gewist als de calculator valt of als de stroom onderbroken wordt.

De status van het omhoogschuiven van het stapelgeheugen

Het stapelgeheugen heeft vier registers. Bij nieuwe invoer schuift de inhoud van de registers meestal door naar boven, maar niet altijd. Dat wil zeggen dat het omhoogschuiven van het stapelgeheugen altijd *ingeschakeld* of *uitgeschakeld* is, afhankelijk van de bewerking waarmee het volgende getal in het X-register wordt geplaatst. (Zie hoofdstuk 2, "Het automatisch stapelgeheugen".)

Bij alle functies, met uitzondering van de functies in de volgende twee lijsten, is het omhoogschuiven van het stapelgeheugen ingeschakeld.

Bewerkingen die het omhoogschuiven uitschakelen

De vier bewerkingen ENTER, $\Sigma+$, $\Sigma-$ en CLx schakelen het omhoogschuiven van het stapelgeheugen uit. Een getal dat na één van deze bewerkingen ingevoerd wordt, overschrijft het huidige getal in het X-register. De Y-, Z- en T-registers blijven ongewijzigd.

Wanneer [C] en [•] als CLx werken, schakelen ook deze bewerkingen het omhoogschuiven van het stapelgeheugen uit.

De INPUT functie schakelt het omhoogschuiven *uit* als een programma onderbroken wordt om naar een waarde te vragen (zodat elk getal dat daarna ingevoerd wordt, het X-register overschrijft), maar schakelt het omhoogschuiven weer *in* als het programma verdergaat.

Neutrale bewerkingen

De inhoud van de registers blijft ongewijzigd bij de volgende bewerkingen:

DEG, RAD, GRAD	FIX, SCI, ENG, ALL	DEC, HEX, OCT, BIN	CLVARS
PSE	SHOW	RADIX . RADIX ,	CLΣ
[OFF]	[R/S] en STOP	[←] [▲] en [←] [▼]	[C] * en [←] *
[MEM] {VAR}**	[MEM] {PGM}**	[GTO] [.] [.]	[GTO] [.] *label nn*
EQN	FDISP	Fouten	[PRGM] en programma-invoer
Wisselen van binaire vensters	Invoeren van getallen		

*Behalve bij gebruik als CLx.

**Inclusief alle bewerkingen die uitgevoerd worden tijdens het tonen van de catalogus, met uitzondering van {VAR} [ENTER] en {PGM} [XEQ], die het omhoogschuiven van het stapelgeheugen inschakelen.

De status van het LAST X register

De volgende bewerkingen slaan x op in het LAST X register:

+, −, ×, ÷	SQRT, x^2	e^x, 10^x
LN, LOG	y^x, $\sqrt[x]{y}$	$1/x$
$\hat{x}$, $\hat{y}$	SIN, COS, TAN	ASIN, ACOS, ATAN
SINH, COSH, TANH	ASINH, ACOSH, ATANH	IP, FP, RND, ABS
%, %CHG	Σ+, Σ−	RCL+, −, ×, ÷
$y,x \rightarrow \theta,r$ $\theta,r \rightarrow y,x$	→HR, →HMS	→DEG, →RAD
Cn,r Pn,r	$x!$	CMPLX+/−
CMPLX +, −, ×, ÷	CMPLX e^x, LN, y^x, $1/x$	CMPLX SIN, COS, TAN
→kg, →lb	→°C, →°F	→cm, →in
→l, →gal		

U ziet dat /c geen invloed heeft op het LAST X register.

De toetsenreeks x (RCL) (+) *variabele* voor het oproepen van rekenkundige gegevens slaat een andere waarde op in het LAST X register dan de reeks x (RCL) *variable* (+). De eerste reeks slaat x in LAST X op; de laatste reeks slaat het opgeroepen getal in LAST X op.

C

Meer informatie over SOLVE

In deze appendix vindt u extra informatie over de SOLVE bewerking ter aanvulling van de informatie in hoofdstuk 7.

Hoe berekent SOLVE een wortel?

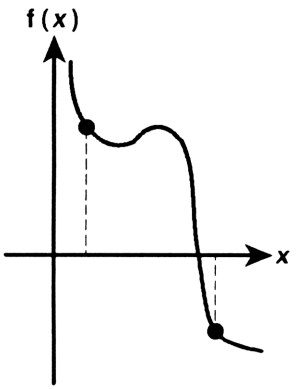
SOLVE is een *iteratieve* bewerking; dit betekent dat de aangegeven vergelijking herhaaldelijk wordt uitgevoerd. De waarde die de vergelijking oplevert, is een functie $f(x)$ van de onbekende variabele x. ($f(x)$ is een wiskundige "afkorting" voor een functie die in termen van de onbekende variabele x wordt gedefinieerd.) SOLVE begint met een schatting voor de onbekende variabele, x, en stelt deze schatting telkens bij nadat de functie $f(x)$ is uitgevoerd.

Als twee willekeurige, opeenvolgende schattingen van de functie $f(x)$ tegengestelde tekens hebben, gaat SOLVE ervan uit dat de functie $f(x)$ tussen de twee schattingen tenminste één snijpunt met de x-as heeft. Dit interval wordt systematisch verkleind totdat een wortel gevonden is.

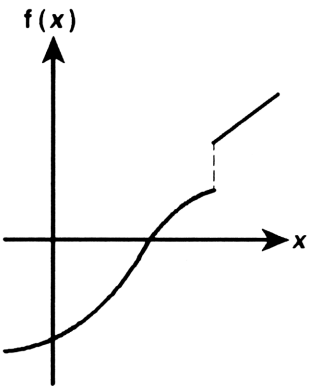
SOLVE kan alleen een wortel berekenen als deze binnen het getallenbereik van de calculator ligt, en de functie wiskundig gedefinieerd is in het gebied waar de iteratieve procedure plaatsvindt. Als aan één of meer van de volgende voorwaarden wordt voldaan, vindt SOLVE altijd een wortel, mits deze bestaat (binnen de overflow-grenzen):

- Twee schattingen leveren $f(x)$ waarden met tegengestelde tekens op, en de grafiek van de functie heeft tussen deze schattingen tenminste één snijpunt met de x-as (figuur a, hierna).
- $f(x)$ wordt altijd groter of altijd kleiner als x groter wordt (figuur b, hierna).

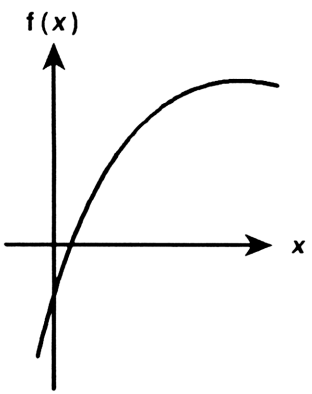
- De grafiek van $f(x)$ is overal concaaf of overal convex (figuur c, hieronder).
- Als $f(x)$ één of meer lokale minima of maxima heeft, ligt elk maximum of minimum alleen tussen aangrenzende wortels van $f(x)$ (figuur d, hieronder).



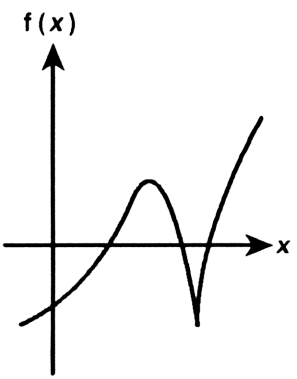
a



b



c



d

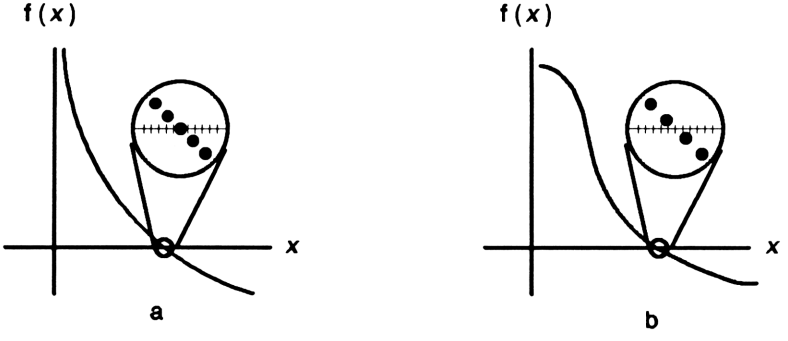
Functies waarvan een wortel gevonden kan worden

In de meeste gevallen is de berekende wortel een nauwkeurige schatting van de oneindig nauwkeurige, theoretisch exacte wortel van de vergelijking. Bij een "ideale" oplossing is $f(x) = 0$. Desondanks is een heel kleine waarde voor $f(x)$ die niet gelijk is aan nul, vaak acceptabel, omdat deze bereikt is door getallen te benaderen met een beperkte nauwkeurigheid (12 cijfers).

Resultaten interpreteren

De SOLVE bewerking geeft een oplossing als aan één van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- Als een schatting wordt gevonden waarbij $f(x)$ gelijk is aan nul. (Zie figuur a, hieronder).
- Als een schatting wordt gevonden waarbij $f(x)$ niet gelijk is aan nul, maar waarbij de berekende wortel een getal van 12 cijfers is, dat grenst aan de plaats waar de grafiek de x-as snijdt (zie figuur b, hieronder). Dit is het geval als de twee laatste schattingen naast elkaar liggen (d.w.z. dat ze een verschil van 1 in het laatste cijfer hebben) en de waarde van de functie voor één schatting positief, en voor de andere schatting negatief is. Of als de waarden $(0, 10^{-499})$ of $(0, -10^{-499})$ zijn. In de *meeste* gevallen ligt $f(x)$ relatief dicht bij nul.



Gevallen waarbij een wortel gevonden wordt

Als u meer informatie over het resultaat wilt hebben, drukt u op R↓ om de vorige schatting van de wortel (x) te bekijken, die nog in het Y-register staat. Druk opnieuw op R↓ om de waarde van $f(x)$ te bekijken die nog in het Z-register staat. Als $f(x)$ gelijk aan nul of relatief klein is, is het zeer waarschijnlijk dat er een oplossing gevonden is. Maar als $f(x)$ relatief groot is, moet u voorzichtig zijn bij het interpreteren van de resultaten.

Voorbeeld: een vergelijking met één wortel.

Bereken de wortel van de volgende vergelijking:

$$-2x^3 + 4x^2 - 6x + 8 = 0.$$

Voer de vergelijking in als een uitdrukking:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
f EQN		Kiest de Vergelijkingenmodus.
2 +/- × RCL X y^x 3 + 4 × RCL X y^x 2 − 6 × RCL X + 8 ENTER	-2×X^3+4×X^2-	Voert de vergelijking in.
f SHOW	CK=0C6A 035,0	Checksum en lengte.
C		Annuleert de Vergelijkingenmodus.

Los de vergelijking nu op om de wortel te berekenen:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
0 STO X 10	10_	Initiële schattingen voor de wortel.
→ EQN	-2×X^3+4×X^2-	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont de linkerzijde van de vergelijking.
→ SOLVE X	SOLVING X=1,6506	Lost X op; toont het resultaat.
R↓	1,6506	De laatste twee schattingen zijn tot in vier decimalen gelijk.
R↓	-4,0000E-11	$f(x)$ is *heel* klein, zodat de benadering een goede wortel is.

Voorbeeld: een vergelijking met twee wortels.

Bereken de twee wortels van de parabolische vergelijking:

$$x^2 + x - 6 = 0.$$

Voer de vergelijking in als een uitdrukking:

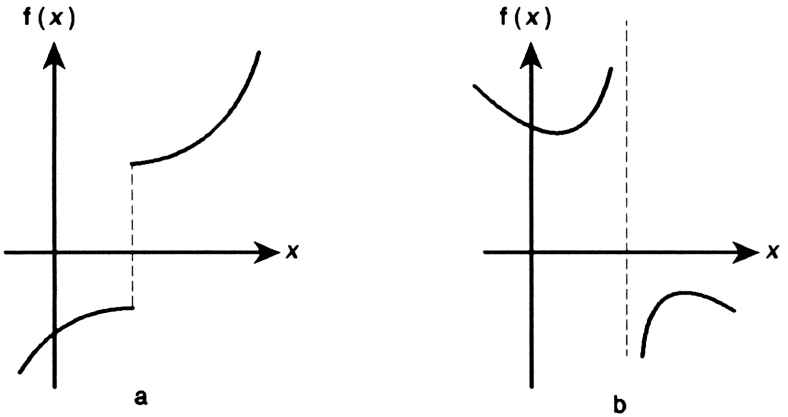
Toetsen:	Display:	Beschrijving:
→ EQN		Kiest de Vergelijkingenmodus.
RCL X y^x 2 + RCL X - 6 ENTER	X^2+X-6	Voert de vergelijking in.
→ SHOW	CK=0363 012,0	Checksum en lengte.
C		Annuleert de Vergelijkingenmodus.

Los nu de vergelijking op om de positieve en negatieve wortels te berekenen:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
0 STO X 10	10_	De initiële schatting voor de positieve wortel.
↱ EQN	X^2+X-6	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont de vergelijking.
↱ SOLVE X	SOLVING X=2,0000	Berekent de positieve wortel met de schattingen 0 en 10.
R↓	2,0000	De laatste twee schattingen zijn gelijk.
R↓ ↱ SHOW	0,00000000000	$f(x) = 0$.
0 STO X 10 +/-	-10_	De initiële schattingen voor de negatieve wortel.
↱ EQN	X^2+X-6	Toont de vergelijking opnieuw.
↱ SOLVE X	SOLVING X=-3,0000	Berekent de negatieve wortel met de schattingen 0 en −10.
R↓ R↓ ↱ SHOW	0,00000000000	$f(x) = 0$.

In sommige gevallen moet u extra voorzichtig zijn:

- Als in de grafiek van de functie een discontinuïteit voorkomt die de x-as snijdt, geeft de SOLVE bewerking een waarde die aan de discontinuïteit grenst (zie figuur a, hieronder). In dit geval kan $f(x)$ relatief groot zijn.
- Waarden van $f(x)$ kunnen een oneindige waarde benaderen op de plaats waar de grafiek van teken verandert (zie figuur b, hieronder). Deze situatie wordt een *pool* genoemd. Omdat de SOLVE bewerking vaststelt dat er een verandering van teken plaatsvindt tussen twee aangrenzende waarden van x, geeft SOLVE de mogelijke wortel. Maar de waarde voor $f(x)$ zal relatief groot zijn. Als er een pool is bij een waarde van x die in 12 cijfers exact wordt weergegeven, onderbreekt deze waarde de berekening met een foutmelding.



Speciale gevallen: een discontinuïteit en een pool

Voorbeeld: een discontinue functie.

Bereken de wortel van de volgende vergelijking:

$$\mathrm{IP}(x) = 1{,}5$$

Voer de vergelijking in:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↱ EQN		Kiest de Vergelijkingenmodus.
↱ PARTS {IP} RCL X ↱ ( ) ↱ = 1.5 ENTER	IP(X)=1,5	Voert de vergelijking in.
↱ SHOW	CK=8A55 017,0	Checksum en lengte.
C		Annuleert de Vergelijkingenmodus.

Los de vergelijking nu op om de wortel te berekenen:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
0 STO X 5	5_	De initiële schattingen voor de wortel.
↱ EQN	IP(X)=1,5	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont de vergelijking.
↱ SOLVE X	SOLVING X=2,0000	Berekent een wortel met de schattingen 0 en 5.
↱ SHOW	1,99999999999	Toont de wortel in 11 decimalen.
R↓ ↱ SHOW	2,00000000000	De vorige schatting is iets groter.
R↓	-0,5000	$f(x)$ is relatief groot.

Let op het verschil tussen de laatste twee schattingen en de relatief grote waarde voor $f(x)$. Het probleem is, dat er geen waarde voor x bestaat waarbij $f(x)$ gelijk is aan nul. Bij x = 1,99999999999, is er

echter een aangrenzende waarde van x die een tegengesteld teken voor $f(x)$ oplevert.

Voorbeeld: een pool.

Bereken de wortel van de volgende vergelijking:

$$\frac{x}{x^2 - 6} - 1 = 0.$$

Als x $\sqrt{6}$ benadert, wordt $f(x)$ een heel groot positief of negatief getal.

Voer de vergelijking in als een uitdrukking:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↱ EQN		Kiest de Vergelijkingenmodus.
RCL X ÷ ↱ (RCL X y^x 2 − 6 ↱) − 1 ENTER	X÷(X^2-6))-1	Voert de vergelijking in.
↱ SHOW	CK=CF7C 018,0	Checksum en lengte.
C		Annuleert de Vergelijkingenmodus.

Los de vergelijking nu op om de wortel te berekenen:

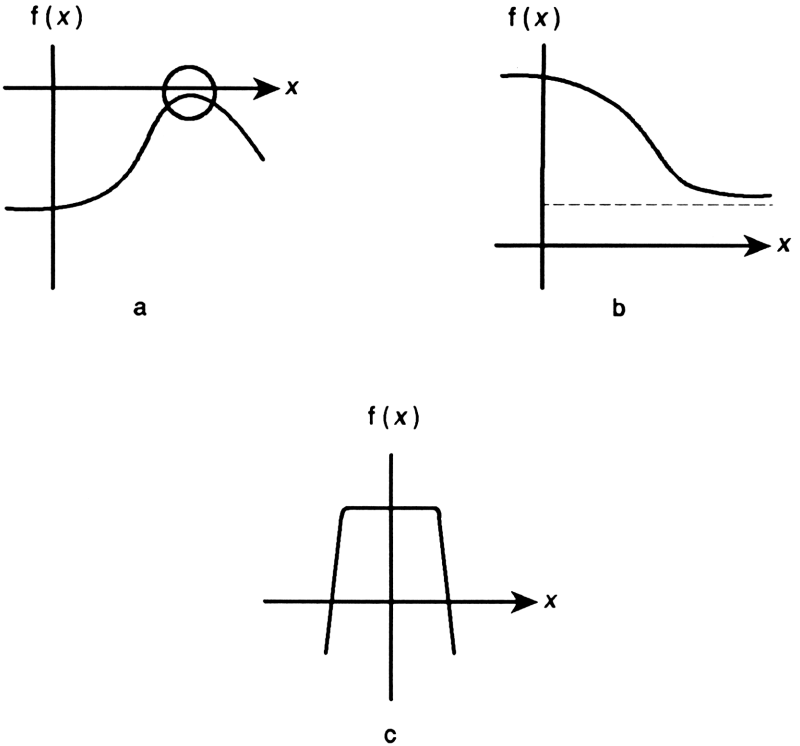
Toetsen:	Display:	Beschrijving:
2.3 STO X 2.7	2,7_	De initiële schattingen voor de wortel.
↱ EQN	X÷(X^2-6)-1	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont de vergelijking.
↱ SOLVE X	SOLVING X=2,4495	Berekent de wortel met de schattingen die aan beide zijden van $\sqrt{6}$ liggen.
R↓ R↓	81.649.658.092,0	$f(x)$ is relatief groot.

Er ligt een pool tussen de laatste schattingen. De initiële schattingen leveren tegengestelde tekens op voor $f(x)$ en het interval tussen de achtereenvolgende schattingen werd verkleind tot twee aangrenzende waarden werden gevonden. Helaas zorgen deze twee aangrenzende waarden ervoor, dat $f(x)$ in plaats van de x-as een pool benadert. De functie heeft *wel* wortels in -2 en 3, die berekend kunnen worden door betere schattingen in te voeren.

Als SOLVE geen oplossing kan berekenen

Soms kan SOLVE geen wortel vinden. In de volgende situaties verschijnt de melding NO ROOT FND:

- De zoekprocedure eindigt vlakbij een lokaal minimum of maximum (zie figuur a, hieronder). Als de waarde waarmee $f(x)$ eindigt (opgeslagen in Z-register) relatief dicht bij nul ligt, is het mogelijk dat er een wortel gevonden is; het getal dat opgeslagen is in de onbekende variabele kan een getal zijn met 12 cijfers dat heel dicht bij een theoretische wortel ligt.
- De zoekprocedure wordt onderbroken omdat SOLVE werkt in een horizontale asymptoot—een gebied waar $f(x)$ bijna overal constant is voor een groot bereik van x (zie figuur b, hieronder). De waarde waarmee $f(x)$ eindigt, is de waarde van de potentiële asymptoot.
- De zoekprocedure is geconcentreerd in een lokaal "vlak" gebied van de functie (zie figuur c, hieronder). De waarde waarmee $f(x)$ eindigt, is de waarde van de functie in dit gebied.



Situaties waarin geen wortel gevonden wordt

De SOLVE bewerking levert een foutieve wiskundige bewerking op als een schatting een niet toegestane bewerking veroorzaakt—bijvoorbeeld deling door nul, een wortel van een negatief getal of een logaritme van nul. Denk eraan dat SOLVE schattingen in een groot bereik kan genereren. Soms kunt u fouten vermijden door goede schattingen te gebruiken. Als er een fout optreedt, drukt u op RCL *onbekende variabele* (of ↱ VIEW *variabele*) om de waarde te bekijken die de fout heeft veroorzaakt.

Voorbeeld: een relatief minimum.

Bereken de wortel van deze parabolische vergelijking:

$$x^2 - 6x + 13 = 0.$$

Deze vergelijking heeft een minimum in $x = 3$.

Voer de vergelijking in als een uitdrukking:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↱ EQN		Kiest de Vergelijkingenmodus.
RCL X y^x 2 − 6 × RCL X + 13 ENTER	X^2-6×X+13	Voert de vergelijking in.
↱ SHOW	CK=5FCC 015,0	Checksum en lengte.
C		Annuleert de Vergelijkingenmodus.

Los de vergelijking nu op om de wortel te berekenen:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
0 STO X 10	10_	De initiële schattingen voor de wortel.
↱ EQN	X^2-6×X+13	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont de vergelijking.
↱ SOLVE X	NO ROOT FND	De zoekprocedure mislukt met de schattingen 0 en 10.
↑ ↱ SHOW	3,00000010001	Toont de laatste schatting van x.
R↓ ↱ SHOW	3,00000468443	Deze schatting is niet gelijk aan de vorige.
R↓	4,0000	De laatste waarde voor $f(x)$ is relatief groot.

Voorbeeld: een asymptoot.

Bereken de wortel van de volgende vergelijking:

$$10 - \frac{1}{x} = 0$$

Voer de vergelijking in als een uitdrukking:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
[→] [EQN]		Kiest de Vergelijkingenmodus.
10 [−] [1/x] [RCL] X [→] [)] [ENTER]	10-INV(X)	Voert de vergelijking in.
[→] [SHOW]	CK=6C6D 009,0	Checksum en lengte.
[C]		Annuleert de Vergelijkingenmodus.
.005 [STO] X 5	5_	De positieve schattingen voor de wortel.
[→] [EQN]	10-INV(X)	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont de vergelijking.
[→] [SOLVE] X	X=0,1000	Lost x op met de schattingen 0,005 en 5.
[R↓]	0,1000	Is gelijk aan de vorige schatting.
[R↓] [→] [SHOW]	0,00000000000	$f(x) = 0$.

Kijk wat er gebeurt als u negatieve waarden voor de schattingen gebruikt:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
1 [+/−] [STO] X	-1,0000	De negatieve schattingen voor de wortel.
2 [+/−] [→] [EQN]	10-INV(X)	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont de vergelijking.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↱ SOLVE X	NO ROOT FND	Geen wortel gevonden voor $f(x)$.
↰	-46,666,666,692.1	Toont de laatste schatting van x.
R↓	-5,7750E15	De vorige schatting was veel groter.
R↓	10,0000	$f(x)$ voor de laatste schatting is relatief groot.

Als u naar de vergelijking kijkt, is het duidelijk dat wanneer x een negatief getal is, 10 de kleinst mogelijke waarde voor $f(x)$ kan zijn. $f(x)$ *benadert* 10 als x een groot negatief getal wordt.

Voorbeeld: een foutieve wiskundige bewerking.

Bereken de wortel van de volgende vergelijking:

$$\sqrt{[x \div (x + 0,3)]} - 0,5 = 0.$$

Voer de vergelijking in als een uitdrukking:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↱ EQN		Kiest de Vergelijkingenmodus.
√x RCL X ÷ ↱ (RCL X + . 3 ↱) ↱ (− . 5 ENTER	SQRT(X÷(X+0,3	Voert de vergelijking in.
↱ SHOW	CK=CE0C 034,0	Checksum en lengte.
C		Annuleert de Vergelijkingenmodus.

Probeer eerst een positieve wortel te berekenen:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
0 STO X 10	10_	De positieve schattingen voor de wortel.
↷ EQN	SQRT(X÷(X+0,3	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont de linkerzijde van de vergelijking.
↷ SOLVE X	X=0,1000	Bereken de wortel met de schattingen 0 en 10.

Probeer nu een negatieve wortel te berekenen door de schattingen 0 en −10 in te voeren. Let erop, dat de functie niet gedefinieerd is voor waarden van x tussen 0 en −0,3, omdat deze waarden een positieve noemer, maar een negatieve teller opleveren, waardoor een negatieve wortel ontstaat.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
0 STO X 10 +/−	-10_	
↷ EQN	SQRT(X÷(X+0,3	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont het linkerdeel van de vergelijking.
↷ SOLVE X	SQRT(NEG)	Wiskundige fout.
C C		Wist de foutmelding; annuleert de Vergelijkingenmodus.
↷ VIEW X	X=-0,1988	Toont de laatste schatting van x.

Voorbeeld: een lokaal "vlak" gebied.

Bereken de wortel van de functie

$f(x) = x + 2$ als $x < -1$,

$f(x) = 1$ voor $-1 \leq x \leq 1$ (een lokaal vlak gebied),

$f(x) = -x + 2$ als $x > 1$.

Voer de functie in als het onderstaande programma:

```
J01 LBL J
J02 1
J03 ENTER
J04 2
J05 RCL+ X
J06 x<y?
J07 RTN
J08 4
J09 -
J10 +/-
J11 x>y?
J12R↓
J13 RTN
```

Checksum en lengte: 23C2 019,5

Hierna kunt u regel J03 verwijderen om geheugenruimte te besparen.

Los X op met de initiële schattingen 10^{-8} en -10^{-8}.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
E 8 +/- STO X 1 +/- E 8 +/-	-1E-8_	Voert schattingen in.
↷ FN= J	-1,0000E-8	Kiest het programma "J" als de functie.
↷ SOLVE X	NO ROOT FND	Geen wortel gevonden met zeer kleine schattingen die dicht bij nul liggen (zodat de zoekprocedure wordt beperkt tot het vlakke gebied van de functie).
↶ R↓ R↓	1,0000E-8 0,0025 1,0000	De laatste twee schattingen liggen ver uit elkaar, en de laatste waarde van $f(x)$ is groot.

Als u grotere schattingen gebruikt, kan SOLVE de wortels berekenen die buiten het vlakke gebied liggen (bij $x = 2$ en $x = -2$).

Afrondingsfouten

De beperkte nauwkeurigheid (12 cijfers) van de calculator kan als gevolg van het afronden fouten veroorzaken die op hun beurt invloed hebben op de iteratieve oplossingen van SOLVE en integratie. De onderstaande vergelijking

$$[(|x| + 1) + 10^{15}]^2 - 10^{30} = 0$$

heeft bijvoorbeeld geen wortels omdat $f(x)$ altijd groter is dan nul. Maar als u 1 en 2 als initiële schattingen gebruikt, geeft SOLVE als gevolg van afrondingsfouten het resultaat 1,0000.

Afrondingsfouten kunnen ook tot gevolg hebben dat SOLVE geen wortel kan vinden. De vergelijking

$$|x^2 - 7| = 0$$

heeft een wortel in $\sqrt{7}$. Maar er is geen getal van 12 cijfers dat *exact* gelijk is aan $\sqrt{7}$, zodat de calculator de functie nooit gelijk kan maken aan nul. Bovendien verandert de functie nergens van teken. SOLVE geeft de melding NO ROOT FND. Desondanks is de laatste schatting van x (druk op ◀ om deze waarde te zien), de best mogelijke benadering van de wortel in 12 cijfers bij het beëindigen van de routine.

Underflow

Er is sprake van *underflow* als een getal kleiner is dan het kleinst mogelijke getal dat de calculator kan weergeven, zodat dit getal vervangen wordt door nul. Dit kan invloed hebben op de resultaten van SOLVE. Kijk bijvoorbeeld naar de volgende vergelijking:

$$\frac{1}{x^2}$$

waarbij de wortel een oneindige waarde heeft. Als gevolg van underflow geeft SOLVE een zeer grote waarde als wortel. (De calculator kan geen oneindige waarden weergeven.)

D

Meer informatie over integreren

In deze appendix vindt u extra informatie over integreren, ter aanvulling van de informatie in hoofdstuk 8.

Hoe wordt een integraal geëvalueerd?

Het algoritme dat gebruikt wordt door de integratiebewerking ∫FN d x berekent de integraal van een functie $f(x)$ door binnen het integratie-interval een gewogen gemiddelde te berekenen van de functiewaarden voor een groot aantal waarden van x (deze worden steunpunten genoemd). De nauwkeurigheid van het resultaat van een dergelijke procedure is afhankelijk van het aantal gebruikte steunpunten: in het algemeen geldt, dat de nauwkeurigheid groter is als er meer steunpunten worden gebruikt. Als $f(x)$ in een oneindig aantal steunpunten geëvalueerd kon worden, zou het algoritme altijd een exacte oplossing opleveren als de beperkingen door de onnauwkeurigheid in de berekende functie $f(x)$ verwaarloosd kunnen worden.

Maar het evalueren van de functie in een oneindig aantal steunpunten kost oneindig veel tijd. Dit is echter niet nodig, omdat de maximale nauwkeurigheid van de berekende integraal beperkt wordt door de nauwkeurigheid van de berekende functiewaarden. Met slechts een eindig aantal steunpunten kan het algoritme een integraal berekenen die bij de bij $f(x)$ behorende onzekerheid zo nauwkeurig mogelijk is.

Het integratie-algoritme kijkt alleen naar een klein aantal steunpunten, wat relatief onnauwkeurige benaderingen oplevert. Als deze benaderingen minder nauwkeurig zijn dan de nauwkeurigheid van $f(x)$ toestaat, wordt het algoritme herhaald met een groter aantal steunpunten. Deze herhalingen gaan door, waarbij elke keer twee maal

zoveel steunpunten gebruikt worden, totdat de uiteindelijke benadering zo nauwkeurig is als bij de gegeven onzekerheid in $f(x)$ mogelijk is.

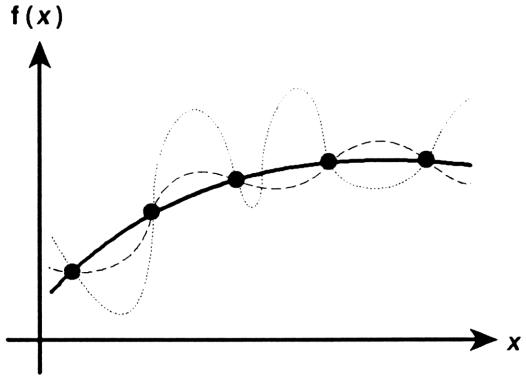
Zoals in hoofdstuk 8 is uitgelegd, wordt voor de onzekerheid van de laatste benadering een getal gebruikt dat afgeleid is van de display instelling, die de onzekerheid van de functie aangeeft. Na elke iteratie vergelijkt het algoritme de benadering die tijdens deze iteratie is berekend, met de benaderingen die tijdens de vorige twee iteraties zijn berekend. Als het verschil tussen één van deze drie benaderingen en de andere twee kleiner is dan de onzekerheid die bij de laatste benadering is toegestaan, wordt de berekening beëindigd, waarbij de huidige benadering in het X-register en de bijbehorende onzekerheid in het Y-register blijft staan.

Het is uiterst onwaarschijnlijk dat de onnauwkeurigheid in elk van de drie opeenvolgende benaderingen—dat wil zeggen, het verschil tussen de werkelijke integraal en de benaderingen—groter is dan het verschil tussen de benaderingen zelf. Daarom is de onnauwkeurigheid in de laatste benadering meestal kleiner dan de onzekerheid (behalve wanneer $f(x)$ snel verandert). Hoewel de onnauwkeurigheid in de laatste benadering niet bekend is, is het zeer onwaarschijnlijk dat deze groter is dan de getoonde onzekerheid van de benadering. Anders gezegd betekent dit, dat de schatting van de onzekerheid in het Y-register een vrijwel nauwkeurige "bovengrens" is voor het verschil tussen de benadering en de werkelijke integraal.

Situaties waarin foutieve resultaten kunnen ontstaan

Hoewel het integratie-algoritme van de HP 32SII één van de beste beschikbare algoritmes is, kan in sommige situaties (evenals bij alle andere algoritmes voor numerieke integratie) een onjuist resultaat ontstaan. *De kans dat dit gebeurt is uiterst klein.* Het algoritme is ontworpen voor het berekenen van nauwkeurige resultaten met vrijwel elke *gladde* functie. Alleen bij functies die een *bijzonder* onregelmatig gedrag vertonen, is er een reële kans dat er een onnauwkeurig resultaat berekend wordt. Dergelijke functies worden soms gebruikt bij problemen met betrekking tot fysische waarnemingen; als dit zo is, kunnen ze meestal snel herkend en zonder problemen verwerkt worden.

Omdat het algoritme van $f(x)$ alleen de waarden in de steunpunten kent, ziet het helaas geen verschil tussen $f(x)$ en een andere functie die in alle steunpunten overeenkomt met $f(x)$. Deze situatie is hieronder afgebeeld; u ziet drie functies (in een gedeelte van het integratie-interval) waarvan de grafieken door de vele gezamenlijke steunpunten lopen.



Bij dit aantal steunpunten berekent het algoritme voor elk van de getoonde functies dezelfde benadering van de integraal. De werkelijke integralen van de functies die weergegeven zijn met een doorlopende en een onderbroken lijn zijn ongeveer gelijk, zodat de benadering vrij nauwkeurig is als $f(x)$ één van deze functies vertegenwoordigt. Maar de werkelijke integraal van de functie, die met een stippellijn is weergegeven, is zeer verschillend van die van de andere functies, zodat de huidige benadering vrij onnauwkeurig is, als deze functie $f(x)$ is.

Het algoritme verzamelt informatie over het algemene gedrag van de functie door steeds meer steunpunten voor de functie te gebruiken. Als een fluctuatie van de functie in één gebied lijkt op het gedrag in de rest van het integratie-interval, herkent het algoritme deze fluctuatie waarschijnlijk bij een bepaalde iteratie. Als dit gebeurt, wordt het aantal steunpunten vergroot totdat de opeenvolgende iteraties benaderingen opleveren waarbij rekening gehouden wordt met de aanwezigheid van de meest snelle, maar *karakteristieke* fluctuaties.

Kijk bijvoorbeeld eens naar de benadering van

$$\int_0^\infty xe^{-x}dx.$$

Omdat u deze integraal numeriek evalueert, denkt u misschien dat u als bovengrens voor de integratie 10^{499} moet aangegven, het grootste getal dat u in de calculator kunt intoetsen.

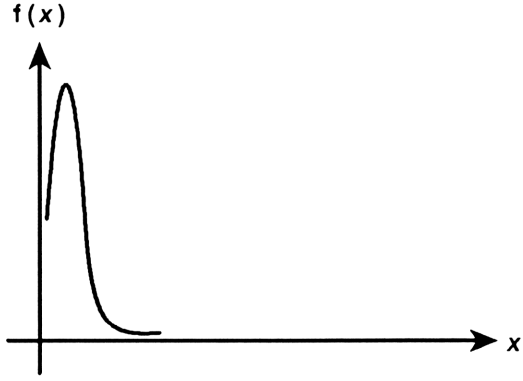
Probeer dit en kijk wat er gebeurt. Voer de functie $f(x) = xe^{-x}$ in.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↱ EQN		Kiest de Vergelijkingenmodus.
RCL X ⊗ e^x	X*EXP(▮	Voert de vergelijking in.
− RCL X ↱) ENTER	X*EXP(-X)	Einde van de vergelijking.
↱ SHOW	CK=297F 010,5	Checksum en lengte.
C		Annuleert de Vergelijkingenmodus.

Stel de display in op SCI 3, geef als onder- en bovengrens voor de integratie nul en 10^{499} aan en begin met de integratie.

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
↰ DISP {SCI} 3 0 ENTER E 499	1E499_	Geeft de nauwkeurigheid en de integratiegrenzen aan.
↱ EQN	X*EXP(-X)	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont de vergelijking.
↱ ∫ X	INTEGRATING ∫=0,000E0	Benadering van de integraal.

Het antwoord dat de calculator geeft is duidelijk onjuist, omdat de werkelijke integraal van $f(x) = xe^{-x}$ tussen nul en ∞ exact 1 is. Maar het probleem is *niet* dat ∞ weergegeven wordt door 10^{499}, omdat de werkelijke integraal van deze functie tussen nul en 10^{499} heel dicht bij 1 ligt. De oorzaak voor het onjuiste antwoord wordt duidelijk als u naar de grafiek van $f(x)$ in het integratie-interval kijkt.

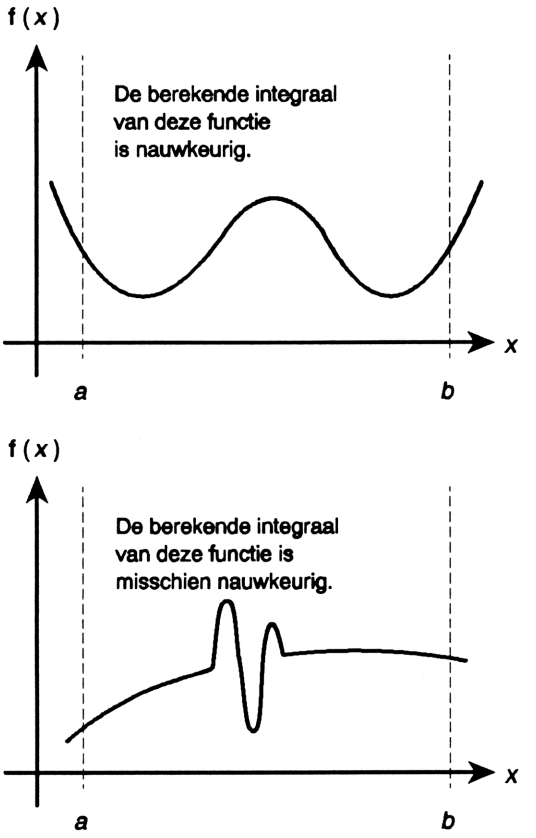


De grafiek bestaat uit een piek die heel dicht bij de oorsprong ligt. Omdat de piek bij geen van de steunpunten opgemerkt wordt, neemt het algoritme aan dat $f(x)$ in het gehele integratie-interval gelijk is aan nul. Zelfs als u meer steunpunten gebruikt door de integraal in de SCI 11 of ALL instelling te berekenen, merkt geen van de extra steunpunten de piek op als deze functie over dit interval wordt geïntegreerd. (Zie het volgende onderwerp, "Omstandigheden waardoor berekeningen langer duren", voor een betere manier om dergelijke problemen op te lossen.)

Gelukkig komen functies met dergelijke afwijkingen (fluctuaties die niet karakteristiek zijn voor het gedrag van de functie in een ander gebied) zo zelden voor, dat het niet erg waarschijnlijk is dat u een dergelijke functie integreert zonder het te weten. U kunt een functie die foutieve resultaten kan opleveren, op eenvoudige wijze herkennen door te kijken hoe snel de functie en de bijbehorende afgeleiden van een lagere orde variëren in het integratie-interval. In principe geldt dat de berekening langer duurt en de berekende benadering minder betrouwbaar is als de functie en de afgeleiden sneller variëren en deze snel variërende afgeleiden een lagere orde hebben.

Let erop dat de snelheid waarmee de functie varieert (of de afgeleiden van een lagere orde variëren), vastgesteld moet worden op basis van de breedte van het integratie-interval. Bij een gegeven aantal steunpunten kan een functie $f(x)$ met drie fluctuaties beter gekarakteriseerd worden door de steunpunten als deze fluctuaties over het grootste gedeelte van de integratie-interval verspreid zijn, dan wanneer ze slechts in een klein gedeelte van het interval liggen. (Deze twee situaties worden

in de volgende twee afbeeldingen weergegeven). Als de variaties of fluctuaties beschouwd worden als een soort oscillatie in de functie, is het belangrijkste criterium de verhouding van de duur van de oscillaties tot de breedte van het integratie-interval: hoe groter de waarde voor deze verhouding is, des te sneller wordt de berekening beëindigd en des te betrouwbaarder is de berekende benadering.



In de meeste gevallen kent u de functie die u wilt integreren goed genoeg om te weten of de functie in verhouding tot het integratie-interval plotselinge afwijkingen vertoont. Als u de functie niet goed kent, en denkt dat er problemen kunnen optreden, kunt u snel een paar punten plotten door de functie te evalueren met een speciaal hiervoor geschreven vergelijking of programma.

Als u om één of andere reden twijfelt aan de betrouwbaarheid van een benadering van een integraal, is er een eenvoudige procedure waarmee u de benadering kunt verifiëren: verdeel het integratie-interval in twee of meer aangrenzende subintervallen, integreer de functie in elk subinterval en tel de berekende benaderingen op. Hierdoor wordt de functie getest met een hele nieuwe serie steunpunten, zodat niet herkende pieken eerder opgemerkt worden. Als de eerste benadering geldig is, is deze gelijk aan de som van de benaderingen aan de subintervallen.

Omstandigheden waardoor berekeningen langer duren

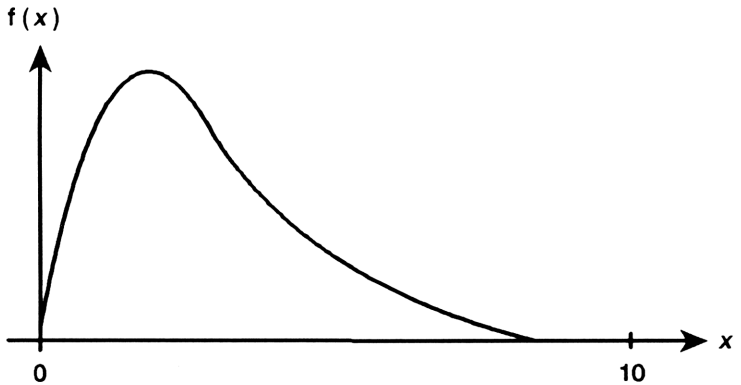
In het vorige voorbeeld leverde het algoritme een onjuist resultaat op, omdat de piek in de functie niet werd opgemerkt. Dit gebeurde omdat de variatie in de functie te snel was in verhouding tot de breedte van het integratie-interval. Als het interval kleiner was, had u wel een juist resultaat gekregen, maar het zou heel lang duren als het interval nog steeds te breed was.

Kijk eens naar een integraal waarbij het integratie-interval zo breed is dat een zeer lange berekeningstijd nodig is, maar niet zo breed dat het een onjuiste berekening oplevert. U ziet dat de bijdrage aan de integraal van de functie bij zeer grote waarden van x te verwaarlozen is, omdat $f(x) = xe^{-x}$ snel naar nul nadert als x naar ∞ gaat. Daarom kunt u de integraal evalueren door ∞, de bovengrens voor de integratie, te vervangen door een getal dat kleiner is dan 10^{499}— bijvoorbeeld 10^3.

Voer het vorige integratievraagstuk opnieuw uit met deze nieuwe integratiegrens:

Toetsen:	Display:	Beschrijving:
0 ENTER E 3	1E3_	Nieuwe bovengrens.
↱ EQN	X*EXP(-X)	Kiest de Vergelijkingenmodus; toont de vergelijking.
↱ ∫ X	INTEGRATING ∫=1,000E0	Integraal. (De berekening duurt ongeveer twee minuten.)
x≷y	1,824E-4	Onzekerheid van de benadering.

Dit is het juiste antwoord, maar de berekening duurde erg lang. U kunt zien waarom dit zo is, als u de grafiek van de functie tussen $x = 0$ en $x = 10^3$, die er ongeveer hetzelfde uitziet als die in het vorige voorbeeld, vergelijkt met de grafiek van de functie tussen $x = 0$ en $x = 10$:



U ziet dat deze functie alleen "interessant" is bij kleine waarden van x. Bij grotere waarden van x is de functie niet interessant, omdat de waarden geleidelijk en op een voorspelbare manier kleiner worden.

Het algoritme gebruikt een grotere dichtheid van steunpunten bij de functie, totdat het verschil tussen de opeenvolgende benaderingen klein genoeg is. Voor een smal interval in een gebied waar de functie

interessant is, is er minder tijd nodig om deze beslissende dichtheid te bereiken. Voor dezelfde dichtheid van steunpunten is er in het grote interval een veel groter aantal steunpunten nodig dan in het kleine interval. Als gevolg hiervan is in het grote interval een groter aantal iteraties nodig om een benadering met dezelfde nauwkeurigheid te krijgen, en is er dus aanzienlijk meer tijd nodig om de integraal te berekenen.

Omdat de berekeningstijd afhankelijk is van de tijd die nodig is voor het bereiken van een bepaalde dichtheid van steunpunten in het gebied waar de functie interessant is, duurt de berekening van de integraal van een willekeurige functie langer als in het integratie-interval voornamelijk gebieden liggen waar de functie niet interessant is. Gelukkig kunt u bij het berekenen van een dergelijke integraal het vraagstuk zodanig aanpassen, dat de berekeningstijd aanzienlijk korter wordt. Het verdelen van het integratie-interval in subintervallen en de transformatie van variabelen zijn twee technieken waarmee dit mogelijk is. Met deze methodes kunt u de functie of de integratiegrenzen zodanig veranderen, dat de integrand een beter gedrag vertoont in het integratie-interval (of intervallen).

E

Meldingen

De calculator reageert op bepaalde situaties of toetsaanslagen met een melding in de display. Het ⚠ symbool verschijnt om u attent te maken op de melding. In een belangrijke situatie blijft de melding in de display staan tot u hem wist. Als u op [C] of [◆] drukt, wordt de melding gewist; als u op een willekeurige andere toets drukt, wordt de melding gewist *en* de functie van die toets uitgevoerd.

∫FN ACTIVE	Een programma probeerde tijdens de uitvoering een programmalabel te kiezen (FN=*label*) terwijl er een integraal werd berekend.
∫(∫FN)	Een programma probeerde tijdens de uitvoering een ander programma te integreren (∫FN d *variabele*) terwijl er nog een andere integraal berekend werd.
∫(SOLVE)	Een programma probeerde tijdens de uitvoering een programma op te lossen terwijl er een integraal berekend werd.
ALL VARS=0	Geeft aan dat er in de variabelencatalogus ([↰] [MEM] {VAR}) geen waarden zijn opgeslagen.
CALCULATING	De calculator voert een functie uit waarvoor enige tijd nodig is.
CLR EQN? Y N	Hiermee kunt u bevestigen dat de vergelijking die u wijzigt, gewist moet worden. (Verschijnt alleen in Vergelijkingenmodus)
CLR PGMS? Y N	Hiermee kunt u bevestigen dat *alle programma's* in het geheugen gewist moeten worden. (Verschijnt alleen in de Programmamodus.)

DIVIDE BY 0 — U hebt geprobeerd een deling door nul uit te voeren. (Geldt ook voor [%CHG] als in het Y-register nul staat.)

DUPLICAT. LBL — U hebt geprobeerd een programmalabel in te voeren dat reeds voor een andere programmaroutine is gebruikt.

EQN LIST TOP — Geeft de "top" van het geheugen met de vergelijkingen aan. De lijst met vergelijkingen loopt rond, zodat EQN LIST TOP ook de "vergelijking" is die na de laatste vergelijking in het geheugen komt.

INTEGRATING — De calculator berekent de integraal van een vergelijking of programma. *Dit kan enige tijd duren.*

INTERRUPTED — Een SOLVE of $\int$FN bewerking is tijdens de uitvoering onderbroken doordat u op [C] of [R/S] hebt gedrukt.

INVALID DATA — Gegevensfout:

- U hebt geprobeerd een combinatie of permutatie te berekenen waarbij $r>n$, r of n geen geheel getal is, of $n \geq 10^{12}$.
- U hebt geprobeerd een trigonometrische of hyperbolische functie uit te voeren met een ongeldig argument:
  - [TAN] waarbij x een oneven veelvoud is van $90°$.
  - [ACOS] of [ASIN] waarbij $x < -1$ of $x > 1$.
  - [HYP] [ATAN] waarbij $x \leq -1$, of $x \geq 1$.
  - [HYP] [ACOS] waarbij $x < 1$.

INVALID EQN	Er is tijdens het evalueren van de vergelijking of het uitvoeren van SOLVE of $\int$FN een fout in de syntaxis van de vergelijking gevonden.
INVALID x!	U hebt geprobeerd een faculteits- of gamma-bewerking uit te voeren met x als een negatief geheel getal.
INVALID y^x	Fout bij het machtsverheffen: ■ U hebt geprobeerd 0 tot de macht 0 of tot een negatieve macht te verheffen. ■ U hebt geprobeerd een negatief getal te verheffen tot een macht die geen geheel getal is. ■ U hebt geprobeerd het complexe getal $(0 + 0i)$ te verheffen tot een getal met een negatief reëel gedeelte.
INVALID (i)	U hebt geprobeerd een bewerking met een indirect adres uit te voeren, maar het getal in het indexregister is ongeldig ($\|i\| \geq 34$ of $0 \leq \|i\| < 1$).
LOG(0)	U hebt geprobeerd een logaritme van nul of $(0 + 0i)$ te berekenen.
LOG(NEG)	U hebt geprobeerd een logaritme van een negatief getal te berekenen.
MEMORY CLEAR	Het gehele gebruikersgeheugen is gewist (zie pagina B-4).
MEMORY FULL	Er is in de calculator onvoldoende geheugenruimte beschikbaar om de bewerking uit te voeren.
NO	De voorwaarde die gecontroleerd wordt door een testinstructie, is niet waar. (Verschijnt alleen wanneer de bewerking vanaf het toetsenbord wordt uitgevoerd.)

NONEXISTENT

U hebt geprobeerd met [GTO] , [GTO] [.] , [XEQ] of {FN} te verwijzen naar een niet bestaande programmalabel (of een niet bestaand regelnummer). Let erop dat de foutmelding NONEXISTENT kan betekenen dat

- u zelf een niet bestaande programmalabel hebt opgeroepen (vanaf het toetsenbord) of
- het programma dat u hebt opgeroepen naar *een andere* label verwijst, die niet bestaat.

NO LABELS

Geeft aan dat in de programmacatalogus ([↩] [MEM] {PGM}) geen programmalabels zijn opgeslagen.

NO ROOT FND

SOLVE kan met de huidige initiële schattingen geen wortel vinden voor de vergelijking (zie pagina C-10). Als de SOLVE bewerking in een programma wordt uitgevoerd, verschijnt deze foutmelding niet; in plaats hiervan wordt in dezelfde situatie de volgende programmaregel overgeslagen (de regel na de instructie SOLVE *variabele*).

OVERFLOW

Waarschuwing (staat even in de display); een resultaat is zo groot, dat de calculator het niet kan verwerken. De calculator geeft ±9.99999999999E499 in de huidige display instelling. (Zie "Getallenbereik en overflow" op pagina 1-14.) In dit geval wordt vlag 6 geactiveerd.
Als vlag 5 is geactiveerd, heeft overflow bovendien tot gevolg, dat een programma tijdens de uitvoering onderbroken wordt en er een melding in de display blijft staan totdat u op een toets drukt.

PRGM TOP

Geeft de "top" van het programmageheugen aan. De lijst met programma's loopt rond, zodat PRGM TOP ook de regel is die na de laatste regel in het programmageheugen komt.

RUNNING	De calculator voert een programma uit (niet een SOLVE of ∫FN routine).
SELECT FN	U hebt geprobeerd SOLVE *variabele* of ∫FN d *variabele* uit te voeren zonder een programmalabel te kiezen. Dit kan alleen gebeuren als u SOLVE of ∫FN voor de eerste keer gebruikt na de melding MEMORY CLEAR, of als de huidige label niet langer bestaat.
SOLVE ACTIVE	Een programma probeerde tijdens de uitvoering een programmalabel te kiezen (FN=*label*) terwijl een SOLVE bewerking werd uitgevoerd.
SOLVE(SOLVE)	Een programma probeerde tijdens de uitvoering een programma op te lossen terwijl een SOLVE bewerking werd uitgevoerd.
SOLVE(∫FN)	Een programma probeerde tijdens de uitvoering een programma te integreren terwijl er een SOLVE bewerking werd uitgevoerd.
SOLVING	De calculator berekent de wortel van een programma of vergelijking. Dit kan enige tijd duren
SQRT(NEG)	U hebt geprobeerd de wortel van een negatief getal te berekenen.
STAT ERROR	Fout bij statistieken: ■ U hebt geprobeerd een statistiekbewerking uit te voeren waarbij $n = 0$. ■ U hebt geprobeerd s_x, s_y, $\hat{x}$, $\hat{y}$, m, r of b te berekenen, waarbij $n = 1$. ■ U hebt geprobeerd r, $\hat{x}$ of $\overline{x}w$ alleen met x-gegevens te berekenen (alle y-waarden zijn gelijk aan nul). ■ U hebt geprobeerd $\hat{x}$, $\hat{y}$, r, m of b te berekenen met x-waarden die aan elkaar gelijk zijn.

TOO BIG	Het getal is te groot om geconverteerd te kunnen worden naar een getal met een HEX, OCT of BIN grondtal; het getal moet binnen het volgende bereik liggen: $-34.359.738.368 \leq n \leq 34.359.738.367$.
XEQ OVERFLOW	Een programma probeerde tijdens de uitvoering een achtste geneste XEQ *label* te gebruiken. (Er kunnen maximaal zeven subroutines genest worden.) Omdat ook SOLVE en $\int$FN een niveau in beslag nemen, kunnen ook deze bewerkingen de foutmelding veroorzaken.
YES	De voorwaarde die door een testinstructie is getest, is waar. (Verschijnt alleen als de bewerking vanaf het toetsenbord uitgevoerd wordt.)

Meldingen bij de zelf-test:

32SII-OK	De zelf-test en de toetsenbordtest is met succes uitgevoerd.
32SII-FAIL *n*	De zelf-test of de toetsenbordtest is niet met succes uitgevoerd, en de calculator moet nagekeken worden.
COPR. HP 87,90	Copyright melding die getoond wordt nadat de zelf-test met succes is uitgevoerd.

F

Bewerkingsindex

In dit gedeelte vindt u een overzicht van alle functies en bewerkingen met de bijbehorende formules, indien dit van toepassing is. De lijst is alfabetisch gerangschikt op naam van de functie. Dit is de naam die gebruikt wordt in programmaregels. Zo wordt bijvoorbeeld de functie met de naam FIX *n* uitgevoerd als ↩ DISP {FIX} *n*.

Niet programmeerbare functies zijn weergegeven in een "toetskader". Bijvoorbeeld: ←.

Griekse tekens en tekens die niet uit letters bestaan, zijn in de alfabetische volgorde voor de letters geplaatst; bij functienamen die voorafgegaan worden door een pijl (bijvoorbeeld →DEG), wordt de pijl buiten beschouwing gelaten voor de plaats in de lijst.

In de laatste kolom, waar * boven staat, wordt verwezen naar de opmerkingen aan het einde van de tabel.

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
+/−	+/− Verandert het teken van een getal.	1-11	1
+	+ *Optellen.* Geeft $y + x$.	1-15	1
−	− *Aftrekken.* Geeft $y - x$.	1-15	1
×	× *Vermenigvuldigen.* Geeft $y \times x$.	1-15	1
÷	÷ *Delen.* Geeft $y \div x$.	1-15	1
^	y^x *Machtsverheffen.* Geeft een exponent aan.	6-18	2

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
⬅	Verwijdert het laatst ingetoetste cijfer; wist x; wist een menu; wist de laatst ingetoetste functie in een vergelijking; start het wijzigen van een vergelijking; verwijdert een stap in een programma.	1-3, 1-8, 6-4, 12-7	
↩ ▲	Toont het vorige onderdeel van de catalogus; gaat naar de vorige vergelijking in de Vergelijkingenlijst; verplaatst de programmacursor naar de vorige stap.	1-22, 6-4, 12-20	
↩ ▼	Toont het volgende onderdeel van een catalogus; gaat naar de volgende vergelijking in de Vergelijkingenlijst; verplaatst de programmacursor naar de volgende regel (tijdens het invoeren van een programma); voert de huidige programmaregel uit (niet tijdens het invoeren van een programma).	1-22, 6-4, 12-11, 12-20	
$1/x$	↗ (1/x) *Reciproke waarde.*	1-14	1
10^x	↩ (10^x) *Macht van 10.* Geeft 10 tot de macht x.	4-2	1
%	↗ (%) *Procent.* Geeft $(y \times x) \div 100$.	4-6	1
%CHG	↗ (%CHG) *Procentuele verandering.* Geeft $(x - y)(100 \div y)$.	4-6	1
π	↗ (π) Geeft de benadering 3,14159265359 (12 cijfers).	4-3	1
$\Sigma+$	(Σ+) Verzamelt (y, x) in een statistiekregister.	11-2	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
$\Sigma-$	↩ Σ− Verwijdert (y, x) uit de statistiekregisters.	11-2	
Σx	↪ SUMS {Σ+} Geeft de som van de x-waarden.	11-12	1
Σx^2	↪ SUMS {Σ+²} Geeft de som van de kwadraten van de x-waarden.	11-12	1
Σxy	↪ SUMS {Σ+×} Geeft de som van de produkten van x- en y-waarden.	11-12	1
Σy	↪ SUMS {Σ+} Geeft de som van de y-waarden.	11-12	1
Σy^2	↪ SUMS {Σ+²} Geeft de som van de kwadraten van de y-waarden.	11-12	1
σx	↪ s,σ {σ+} Geeft de standaard deviatie van de x-waarden: $\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \div n}$.	11-7	1
σy	↪ s,σ {σ+} Geeft de standaard deviatie van de populatie van de y-waarden: $\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2 \div n}$.	11-7	1
θ,r→y,x	↪ →y,x *Conversie van polaire naar rechthoekige coördinaten.* Converteert (r, θ) naar (x, y).	4-8	
$\int$FN d *variabele*	↪ ∫ {∫FN d _} *variabele* Integreert de getoonde vergelijking of het door FN= gekozen programma met als ondergrens van de integratievariabele de waarde in het Y-register en als bovengrens de waarde in het X-register.	8-2, 14-7	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
(	[→] [(] *Beginhaakje.* Start een hoeveelheid die bij een functie in een vergelijking hoort.	6-7	2
)	[→] [)] *Afsluitend haakje.* Beëindigt een hoeveelheid die bij een functie in een vergelijking hoort.	6-7	2
A tot en met Z	[RCL] *variabele* of [STO] *variabele* Waarde van de genoemde variabelen.	6-5	2
ABS	[→] [PARTS] {ABS} *Absolute waarde.* Geeft $\|x\|$.	4-15	1
ACOS	[←] [ACOS] *Arccosinus.* Geeft $\cos^{-1} x$.	4-4	1
ACOSH	[←] [HYP] [←] [ACOS] *Arccosinus hyperbolicus.* Geeft $\cosh^{-1} x$.	4-6	1
ALOG	[←] [10^x] *Macht van tien.* Geeft 10 tot de aangegeven macht.	6-18	2
ALL	[←] [DISP] {ALL} Kiest de weergave van alle significant cijfers.	1-17	
ASIN	[←] [ASIN] *Arcsinus.* Geeft $\sin^{-1} x$.	4-4	1
ASINH	[←] [HYP] [←] [ASIN] *Arcsinus hyperbolicus.* Geeft $\sinh^{-1} x$.	4-6	1
ATAN	[←] [ATAN] *Arctangens.* Geeft $\tan^{-1} x$.	4-4	1
ATANH	[←] [HYP] [←] [ATAN] *Arctangens hyperbolicus.* Geeft $\tanh^{-1} x$.	4-6	1

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
b	(→) (L.R.) {b} Geeft het *snijpunt van de y-as* en de regressielijn: $\bar{y} - m\bar{x}$.	11-8	1
(←) (BASE)	Toont het menu voor grondtalconversie.	10-1	
BIN	(←) (BASE) {BIN} Kiest Binaire modus (grondtal 2).	10-1	
(C)	Zet de calculator aan; wist x; wist meldingen en aanroepen; annuleert menu's; annuleert catalogi; annuleert het invoeren van vergelijkingen; annuleert het invoeren van een programma; stopt de uitvoering van een vergelijking; stopt de uitvoering van een programma.	1-1, 1-3, 1-8, 1-22, 6-4, 12-7, 12-19	
/c	(→) (/c) *Noemer*. Stelt x in als grens voor de noemer van de getoonde breuken van x. Toont de huidige /c waarde als x=1.	5-6	
→°C	(←) (→°C) Converteert °F naar °C.	4-12	1
CF *n*	(→) (FLAGS) {CF} *n* Deactiveert vlag *n* (n = 0 tot en met 11).	13-11	
(←) (CLEAR)	Toont het menu voor het wissen van getallen of een gedeelte van het geheugen; wist de aangegeven variabele of het aangegeven programma uit een MEM catalogus; wist de getoonde vergelijking.	1-4, 1-22	
(←) (CLEAR) {ALL}	Wist alle opgeslagen gegevens, vergelijkingen en programma's.	1-22	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
↩ CLEAR {PGM}	Wist alle programma's (als de calculator in de Programmamodus staat).	12-23	
↩ CLEAR {EQN}	Wist de getoonde vergelijking (als de calculator in de Vergelijkingenmodus staat).	12-7	
CLΣ	↩ CLEAR {Σ} Wist de statistiekregisters.	11-13	
CLVARS	↩ CLEAR {VARS} Wist alle variabelen, zodat er nul in staat.	3-5	
CLx	↩ CLEAR {←} Wist x (het X-register), zodat er nul in staat.	2-2, 2-7, 12-7	
→CM	↩ →cm Converteert inches naar centimeters.	4-12	1
↩ CMPLX	Toont CMPLX_ om aan te geven dat het een complexe functie is.	9-3	
CMPLX+/−	↩ CMPLX +/− *Verandert het teken van een complex getal.* Geeft $-(z_x + z_y i)$.	9-3	
CMPLX+	↩ CMPLX + *Complexe optelling.* Geeft $(z_{1x} + z_{1y}i) + (z_{2x} + z_{2y}i)$.	9-4	
CMPLX−	↩ CMPLX − *Complexe aftrekking.* Geeft $(z_{1x} + z_{1y}i) - (z_{2x} + z_{2y}i)$.	9-4	
CMPLX×	↩ CMPLX × *Complexe vermenigvuldiging.* Geeft $(z_{1x} + z_{1y}i) \times (z_{2x} + z_{2y}i)$.	9-4	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
CMPLX÷	◀ CMPLX ÷ *Complexe deling.* Geeft $(z_{1x} + z_{1y}i) \div (z_{2x} + z_{2y}i)$.	9-4	
CMPLX1/x	◀ CMPLX 1/x *Complexe reciproke waarde.* Geeft $1/(z_x + z_y i)$.	9-3	
CMPLXCOS	◀ CMPLX COS *Complexe cosinus.* Geeft $\cos(z_x + z_y i)$.	9-3	
CMPLXe^x	◀ CMPLX e^x *Complexe e-macht.* Geeft $e^{(z_x + z_y i)}$.	9-3	
CMPLXLN	◀ CMPLX LN *Complexe natuurlijke logaritme.* Geeft $\log_e(z_x + z_y i)$.	9-3	
CMPLXSIN	◀ CMPLX SIN *Complexe sinus.* Geeft $\sin(z_x + z_y i)$.	9-3	
CMPLXTAN	◀ CMPLX TAN *Complexe tangens.* Geeft $\tan(z_x + z_y i)$.	9-3	
CMPLXy^x	◀ CMPLX y^x *Complexe macht.* Geeft $(z_{1x} + z_{1y}i)^{(z_{2x} + z_{2y}i)}$.	9-4	
Cn,r	▶ PROB {Cn,r} *Combinaties* van n objecten in verzamelingen van r. Geeft $n! \div (r!\,(n - r)!)$.	4-13	1
COS	COS *Cosinus.* Geeft $\cos x$.	4-4	1
COSH	◀ HYP COS *Cosinus hyperbolicus.* Geeft $\cosh x$.	4-6	1
DEC	◀ BASE {DEC} Kiest Decimale modus.	10-1	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
DEG	[↰] [MODES] {DG} Kiest Gradenmodus als hoekmodus.	4-4	
→DEG	[↰] [→DEG] *Conversie van radialen naar graden.* Geeft $(360/2\pi)x$.	4-11	1
[↰] [DISP]	Toont het menu voor het instellen van de display instelling.	1-16	
DSE *variabele*	[↱] [DSE] *variabele* *Verlaging, overslaan indien gelijk aan* of kleiner dan. Trekt voor het controlegetal *ccccccc.fffii*, dat in een variabele is opgeslagen, *ii* (de waarde voor de verhoging) af van *ccccccc* (waarde voor de teller); slaat de volgende programmaregel over als resultaat $\leq$ *fff* (laatste waarde).	13-16	
[E]	Start het invoeren van exponenten en telt "E" op bij het ingevoerde getal. Geeft aan dat er een macht van 10 volgt.	1-12	1
ENG *n*	[↰] [DISP] {EN} *n* Kiest de "Engineering" notatie met *n* cijfers achter het eerste cijfer (n = 0 tot en met 11).	1-17	
[ENTER]	Scheidt twee getallen die na elkaar worden ingevoerd; sluit het invoeren van de vergelijking af; evalueert de getoonde vergelijking (en slaat zo nodig het resultaat op)	1-13, 6-5, 6-13	
ENTER	[ENTER] Kopieert x naar het Y-register, schuift y omhoog naar het Z-register, schuift z omhoog naar het T-register, en laat t wegvallen.	2-6	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
(→) (EQN)	Activeert of annuleert de Vergelijkingenmodus (schakelaar).	6-4, 12-6	
e^x	(ex) *Natuurlijke exponent.* Geeft e tot de macht x.	4-2	1
EXP	(ex) *Natuurlijke exponent.* Geeft e tot de aangegeven macht.	6-18	2
→°F	(→) (°F) Converteert °C naar °F.	4-12	1
(←) (FDISP)	Schakelt de display instelling voor breuken aan en uit.	5-1	
FIX n	(←) (DISP) {FIX} n Kiest de FIX notatie met n decimalen: $0 \leq n \leq 11$.	1-16	
(→) (FLAGS)	Toont het menu voor het actief of inactief maken en het testen van vlaggen.	13-11	
FN= *label*	(→) (FN=) *label* Kiest het programma met de *label* als de huidige functie (gebruikt door SOLVE en ∫FN).	14-1, 14-7	
FP	(→) (PARTS) {FP} *Breukgedeelte* van x.	4-15	1
FS? n	(→) (FLAGS) {FS?} n Als vlag n (n = 1 tot en met 11) actief is, wordt de volgende programmaregel uitgevoerd; als vlag n niet actief, wordt de volgende programmaregel overgeslagen.	13-11	
→GAL	(→) (→gal) Converteert liters naar gallons.	4-12	1
GRAD	(←) (MODES) {GR} Stelt de Grads-modus in als hoekmodus.	4-4	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
GTO *label*	[↰] [GTO] *label* Plaatst de programmacursor aan het begin van het programma *label* in het programmageheugen.	13-4, 13-16	
[↰] [GTO] [.] *label nn*	Plaatst de programmacursor op de regel *nn* van het programma *label*.	12-21	
[↰] [GTO] [.] [.]	Plaatst de programmacursor op PRGM TOP.	12-21	
HEX	[↰] [BASE] {HX} Kiest de hexadecimale grondtalmodus (grondtal 16).	10-1	
[↰] [HYP]	Toont HYP_ om aan te geven dat het een hyperbolische functie is.	4-6	
→HMS	[↱] [→HMS] *Converteert uren naar uren, minuten, seconden.* Converteert *x* van een tiendelige breuk naar een uren-minuten-seconden formaat.	4-11	1
→HR	[↰] [→HR] *Converteert uren, minuten, seconden naar uren.*Converteert *x* van uren-minuten-seconden formaat naar een tiendelige breuk.	4-11	1
i	[RCL] i *of* [STO] i Waarde van variabele *i*.	6-5	2
(i)	[RCL] [(i)] or [STO] [(i)] *Indirect.* Waarde van de variabele waarvan de letter overeenkomt met de numerieke waarde die in de variabele *i* is opgeslagen.	6-5, 13-20	2
→IN	[↱] [→in] Converteert centimeters naar inches.	4-12	1

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
INPUT *variabele*	[f] [INPUT] ***variabele*** Roept de ***variabele*** op in het X-register, toont de naam en de waarde van de variabele en onderbreekt de uitvoering van het programma. Als u op [R/S] drukt (om verder te gaan met de uitvoering van het programma) of op [f] [▼] (om de huidige programmaregel uit te voeren), wordt de ingevoerde waarde in de variabele opgeslagen. (Alleen gebruikt in programma's.)	12-12	
INV	[1/x] Reciproke waarde van het argument.	6-18	2
IP	[g] [PARTS] {IP} *Gehele gedeelte* van x.	4-15	1
ISG *variable*	[f] [ISG] ***variable*** *Verhoging, overslaan indien groter.* Telt voor het controlegetal *ccccccc.fffii*, dat in een variabele is opgeslagen, *ii* (de waarde voor de verhoging) op bij *ccccccc* (waarde voor de teller); slaat de volgende programmaregel over als resultaat > *fff* (laatste waarde).	13-16	
→KG	[f] [→kg] Converteert pounds naar kilogrammen.	4-12	1
→L	[f] [→l] Converteert gallons naar liters.	4-12	1
LASTx	[f] [LAST x] Geeft het getal dat in het LAST X register is opgeslagen.	2-9	
→LB	[g] [→lb] Converteert kilogrammen naar pounds.	4-12	1

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
LBL *label*	◀ LBL *label* Geeft een programma een label met één letter, waarnaar met de XEQ, GTO of FN= bewerkingen verwezen kan worden. (Alleen gebruikt in programma's.)	12-3	
LN	LN *Natuurlijke logaritme.* Geeft $\log_e x$.	4-2	1
LOG	◀ LOG *Tien-logaritme.* Geeft $\log_{10} x$.	4-2	1
▶ L.R.	Toont het menu voor lineaire regressie.	11-4	
m	▶ L.R. {m} Geeft de helling van de regressielijn: $[\Sigma(x_i-\overline{x})(y_i-\overline{y})] \div \Sigma(x_i-\overline{x})^2$.	11-8	1
◀ MEM	Toont de beschikbare geheugenruimte en het catalogusmenu.	1-21	
◀ MEM {PGM}	Start de programmacatalogus.	12-22	
◀ MEM {VAR}	Start de variabelencatalogus.	3-4	
◀ MODES	Toont het menu voor het instellen van de hoekmodus en het decimaalteken (. of ,).	1-16, 4-4	
n	▶ SUMS {n} Geeft het aantal verzamelingen van gegevenspunten.	11-12	1
OCT	◀ BASE {OC} Kiest Octale grondtalmodus (grondtal 8).	10-1	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
◀ OFF of ▶ OFF	Zet de calculator uit.	1-1	
▶ PARTS	Toont het menu voor het kiezen van gedeelten van getallen.	4-15	
Pn,r	▶ PROB {Pn,r} *Permutaties* van n objecten in sets van r. Geeft $n! \div (n - r)!$.	4-13	1
◀ PRGM	Activeert of annuleert de Programmamodus (schakelaar).	12-5	
▶ PROB	Toont het menu voor waarschijnlijkheidsfuncties.	4-13	
PSE	▶ PSE *Pauze.* Onderbreekt even de uitvoering van het programma voor het tonen van x, een variabele of een vergelijking, en gaat vervolgens verder met het programma. (Alleen gebruikt in programma's.)	12-18, 12-19	
r	▶ L.R. {r} Geeft de correlatie-coëfficiënt tussen de x- en y-waarden. $\frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \times \sum(y_i - \bar{y})^2}}$.	11-8	1
RAD	◀ MODES {RD} Kiest de Radialenmodus als hoekmodus.	4-4	
→RAD	▶ →RAD *Converteert graden naar radialen.* Geeft $(2\pi/360)x$.	4-11	1
RADIX,	◀ MODES {,} Kiest de komma als decimaalteken.	1-16	
RADIX.	◀ MODES {.} Kiest de punt als decimaalteken.	1-16	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
RANDOM	(→) (PROB) {R} Voert de RANDOM functie uit. Geeft een willekeurig getal tussen 0 en 1.	4-13	1
RCL *variabele*	(RCL) *variabele* *Oproepen.* Kopieert *variabele* naar het X-register.	3-2	
RCL+ *variabele*	(RCL) (+) *variabele* Geeft x + *variabele*.	3-6	
RCL− *variabele*	(RCL) (−) *variabele*. Geeft x − *variabele*.	3-6	
RCL× *variabele*	(RCL) (×) *variabele*. Geeft $x \times$ *variabele*.	3-6	
RCL÷ *variabele*	(RCL) (÷) *variabele*. Geeft $x \div$ *variabele*.	3-6	
RND	(←) (RND) *Afronden.* Rondt x af op n decimalen in de display instelling FIX n; rondt af op $n + 1$ significante cijfers in de SCI n of ENG n display instelling, of op het decimale getal dat het dichtst bij de getoonde breuk ligt in de display instelling voor breuken.	4-15, 5-9	1
RTN	(→) (RTN) *Return.* Geeft het einde van een programma aan; de programmacursor gaat terug naar het begin of naar de routine van waaruit het programma is opgeroepen.	12-4, 13-2	
R↓	(R↓) *Omlaagschuiven.* Verplaatst t naar het Z-register, z naar het Y-register, y naar het X-register en x naar het T-register.	2-3	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
R↑	(→) (R↑) *Omhoogschuiven* Verplaatst t naar het X-register, z naar het T-register, y naar het Z-register en x naar het Y-register.	2-3	
(→) (s,σ)	Toont het menu voor standaard deviatie.	11-4	
SCI n	(←) (DISP) {SC} n Kiest de Wetenschappelijke notatie met n decimalen. (n = 0 tot en met 11.)	1-17	
(→) (SCRL)	*"Doorbladeren"* . Schakelt het "doorbladeren" van de vergelijkingen in de Vergelijkingen- en Programmamodus in of uit.	6-8, 12-7	
SEED	(→) (PROB) {SD} Start de reeks voor willekeurige getallen opnieuw met $\|x\|$ als kiem.	4-13	
SF n	(→) (FLAGS) {SF} n Activeert vlag n (n = 0 tot en met 11).	13-11	
(→) (SHOW)	Toont de volledige mantisse (alle 12 cijfers) van x (of het getal in de huidige programmaregel); toont de checksum als hexadecimale waarde en de lengte in bytes van vergelijkingen en programma's als decimale waarde.	1-18, 6-21, 12-23	
SIN	(SIN) *Sinus.* Geeft sin x.	4-4	1
SINH	(←) (HYP) (SIN) *Sinus hyperbolicus.* Geeft sinh x.	4-6	1

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
SOLVE *variabele*	[→] [SOLVE] *variabele* Lost de getoonde vergelijking of het door FN= gekozen programma op, met de initiële schattingen in *variabele* en x.	7-2, 14-1	
[SPACE]	[R/S] Voegt een spatie in bij het invoeren van vergelijkingen.	6-6	2
SQ	[←] [x^2] *Kwadraat* van argument.	6-18	2
SQRT	[$\sqrt{x}$] *Wortel* van x.	1-14	1
STO *variabele*	[STO] *variabele* *Opslaan.* Kopieert x naar een *variabele*.	3-2	
STO+ *variabele*	[STO] [+] *variabele* Slaat *variabele* + x in *variabele* op.	3-5	
STO− *variabele*	[STO] [−] *variabele* Slaat *variabele* − x in *variabele* op.	3-5	
STO× *variabele*	[STO] [×] *variabele* Slaat *variabele* × x in *variabele* op.	3-5	
STO÷ *variabele*	[STO] [÷] *variabele* Slaat *variabele* ÷ x in *variabele* op.	3-5	
STOP	[R/S] *Run/stop.* Start met de uitvoering van het programma bij de huidige programmaregel; stopt de uitvoering van een programma en toont het X-register.	12-19	
[→] [SUMS]	Toont het sommatiemenu.	11-4	
sx	[→] [s,σ] {≡×} Geeft de standaard deviatie van de steekproef van de x-waarden: $\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \div (n-1)}$.	11-6	1

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
sy	[→] [s,σ] {Σy} Geeft de standaard deviatie van de steekproef van de y-waarden: $\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2 \div (n-1)}$.	11-6	1
TAN	[TAN] *Tangens.* Geeft tan x.	4-4	1
TANH	[←] [HYP] [TAN] *Tangens hyperbolicus.* Geeft tanh x.	4-6	1
VIEW *variabele*	[→] [VIEW] *variabele* Toont de inhoud van een *variabele* samen met de label, zonder dat de waarde in het stapelgeheugen wordt opgeroepen.	3-3, 12-14	
[XEQ]	Evalueert de getoonde vergelijking.	6-14	
XEQ *label*	[XEQ] *label* Voert het door *label* aangegeven programma uit.	13-2	
x^2	[←] [x^2] *Kwadraat* van x.	4-2	1
$\sqrt[x]{y}$	[←] [$\sqrt[x]{y}$] *De x^{de} wortel van y.*	4-3	1
$\bar{x}$	[→] [$\bar{x}$,$\bar{y}$] {$\bar{x}$} Geeft het gemiddelde van de x waarden: $\Sigma x_i \div n$.	11-4	1
$\hat{x}$	[→] [L.R.] {$\hat{x}$,$\hat{y}$} Geeft op basis van de regressielijn een *schatting* van x bij een gegeven y-waarde in het X-register: $\hat{x} = (y - b) \div m$.	11-8	1
$x!$	[←] [$x!$] *Faculteit* (of gamma). Geeft $(x)(x-1) \ldots (2)(1)$ of $\Gamma(x+1)$.	4-12	1
XROOT	[←] [$\sqrt[x]{y}$] De *argument*$_1$ wortel van *argument*$_2$.	6-18	2

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
$\bar{x}w$	[→] [x̄,ȳ] {x̄w} Geeft het gewogen gemiddelde van de x waarden: $(\Sigma y_i x_i) \div \Sigma y_i$.	11-4	1
[→] [x̄,ȳ]	Toont het menu voor het (rekenkundig) gemiddelde.	11-4	
$x<>$ *variabele*	[→] [x≷] *x verwisselen*. Verwisselt x met een variabele.	3-8	
$x<>y$	[x≷y] *x verwisselen met y*. Verplaatst x naar het Y-register en y naar het X-register.	2-4	
[←] [x?y]	Toont het "$x?y$" menu voor vergelijkende tests.	13-7	
$x\neq y?$	[←] [x?y] {≠} Voert volgende programmaregel uit als $x\neq y$. Slaat volgende programmaregel over als $x=y$.	13-7	
$x\leq y?$	[←] [x?y] {≤} Voert volgende programmaregel uit als $x\leq y$. Slaat volgende programmaregel over als $x>y$.	13-7	
$x<y?$	[←] [x?y] {<} Voert volgende programmaregel uit als $x<y$. Slaat volgende programmaregel over als $x\geq y$.	13-7	
$x>y?$	[←] [x?y] {>} Voert volgende programmaregel uit als $x>y$. Slaat volgende programmaregel over als $x\leq y$.	13-7	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
$x \geq y$?	↩ (x?y) {≥} Voert volgende programmaregel uit als $x \geq y$. Slaat volgende programmaregel over als $x < y$.	13-7	
$x = y$?	↩ (x?y) {=} Voert volgende programmaregel uit als $x = y$. Slaat volgende programmaregel over als $x \neq y$.	13-7	
↪ (x?0)	Toont het menu voor "x?0" vergelijkende tests.	13-7	
$x \neq 0$?	↪ (x?0) {≠} Voert volgende programmaregel uit als $x \neq 0$. Slaat volgende programmaregel over als $x = 0$.	13-7	
$x \leq 0$?	↪ (x?0) {≤} Voert volgende programmaregel uit als $x \leq 0$. Slaat volgende programmaregel over als $x > 0$.	13-7	
$x < 0$?	↪ (x?0) {<} Voert volgende programmaregel uit als $x < 0$. Slaat volgende programmaregel over als $x \geq 0$.	13-7	
$x > 0$?	↪ (x?0) {>} Voert volgende programmaregel uit als $x > 0$. Slaat volgende programmaregel over als $x \leq 0$.	13-7	

Naam	Toetsen en beschrijving	Pagina	*
$x \geq 0$?	[→] [x?0] {≥} Voert volgende programmaregel uit als $x \geq 0$. Slaat volgende programmaregel over als $x < 0$.	13-7	
$x=0$?	[→] [x?0] {=} Voert volgende programmaregel uit als $x=0$. Slaat volgende programmaregel over als $x \neq 0$.	13-7	
$\bar{y}$	[→] [x̄,ȳ] {ȳ} Geeft het gemiddelde van de y waarden: $\Sigma y_i \div n$.	11-4	1
$\hat{y}$	[→] [L.R.] {ŷ} Geeft op basis van de regressielijn een *schatting* van y bij een gegeven x-waarde in het X-register: $\hat{y} = mx + b$.	11-8	1
$y,x \rightarrow \theta,r$	[←] [→θ,r] *Conversie van rechthoekige naar polaire coördinaten.* Converteert (x, y) naar (r, θ).	4-8	
y^x	[y^x] *Macht.* Geeft y tot de macht x.	4-2	1

Opmerkingen:

1. Functie kan in vergelijkingen gebruikt worden.
2. Functie komt alleen in vergelijkingen voor.

Index

Speciale tekens

▲, 1-23
⊖. *zie:* backspace-toets
⊏ indicator, 1-1, A-3
← → indicators
  binaire getallen, 10-8
  vergelijkingen, 6-9, 12-7, 12-17
_. *zie:* getallencursor
▮. *zie:* vergelijkingencursor
↶ ↷ indicators, 1-2
▼ indicator
  menu's, 1-5
  verschuiven, 6-9, 12-7, 12-17
▼▲ indicator
  in breuken, 3-5, 5-2, 5-3
  in catalogus, 3-5, 5-4
⊙ (in breuken), 1-20, 5-1
∫. *zie:* integratie
+/−, 1-11
% functies, 4-6
∫FN. *zie:* integratie
π, 4-3, A-2

A

aan- en uitzetten, 1-1
aanroep
  beïnvloedt stapelgeheugen, 6-18, 12-13
  geprogrammeerde vergelijkingen, 13-11, 14-2, 14-10
  INPUT, 12-13, 12-14, 14-2, 14-10
  reageren op, 6-17, 12-14
  verborgen cijfers tonen, 6-18, 12-15
  vergelijkingen, 6-17
  wissen, 1-3, 6-18, 12-15
absolute waarde (reëel getal), 4-15
adressering
  indirect, 13-20, 13-21, 13-22
afronden
  bij breuken, 5-5, 5-9, 12-19
  getallen, 4-15
  integratie, 8-6
  SOLVE, C-18
  statistieken, 11-12
  trig functies , 4-4
alfateken, 1-2
ALL instelling. *zie:* display instelling
  in programma's, 12-6
  in vergelijkingen, 6-6
  instellen, 1-18
antwoorden op vragen, A-1
asymptoot van functie, C-10
A..Z indicator, 1-2, 3-3, 6-6

B

Backspace-toets
  bij invoeren van programma, 12-7

bij vergelijkingen, 1-3, 6-10
meldingen wissen, 1-3, E-1
menu's verlaten, 1-3, 1-8
programmaregels verwijderen, 12-21
VIEW annuleren, 3-5
werken met, 1-3
wijzigen starten, 6-11, 12-7, 12-22
X-register wissen, 2-3, 2-8
BASE menu, 10-1
batterijen, 1-1, A-3
batterij-indicator, A-3
benadering (statistisch), 11-9, 16-1
berekeningen met opgevraagde gegevens, 3-7
Bessel functie, 8-3
beste benadering van de regressie, 11-9, 16-1
betaling (bankwezen), 17-1
bewerkingen met opgevraagde gegevens, B-8
binaire getallen. *zie:* getallen
alle cijfers bekijken, 3-5, 10-7
bereik, 10-6
converteren naar, 10-2
rekenkundige bewerkingen, 10-3
typen, 10-2
verschuiven, 10-8
BIN indicator, 10-2
breuken
afronden, 5-5, 5-9
alleen grondtal 10, 5-2
bewerkingen met, 5-1
en programma's, 5-11, 12-15, 13-10
en vergelijkingen, 5-10
geheel getal tonen, 3-5, 5-5
nauwkeurigheidsindicator, 5-2, 5-3
niet in statistisch register, 5-2
noemers, 1-20, 5-6, 5-7, 13-10, 13-14
notatie, 5-6
notatie instellen, 5-7, 13-10, 13-14
reduceren, 5-3, 5-6
typen, 1-20, 5-1
vlaggen, 5-7, 13-10
weergeven, 1-22, 5-1, 5-2, 5-5, A-2

C

ⓒ
aanroep annuleren, 1-3, 6-18, 12-15
catalogus verlaten, 1-3, 3-6
contrast bijstellen, 1-1
integratie onderbreken, 8-2, 14-9
meldingen wissen, 1-3, E-1
menu's verlaten, 1-3, 1-8
ON en OFF, 1-1
Programmamodus verlaten, 12-6, 12-7
programma's onderbreken, 12-20
SOLVE stoppen, 7-8, 14-1
Vergelijkingenmodus verlaten, 6-4, 6-5
VIEW annuleren, 3-5
werken met, 1-3
X-register wissen, 2-3, 2-8
calculator
aan- en uitzetten, 1-1
contacten kortsluiten, A-4
contrast bijstellen, 1-1
garantie, A-7

omgevingsfactoren, A-2
opnieuw instellen, A-4, B-4
reparatieservice, A-8
standaardinstellingen, B-5
vragen, A-1
werking testen, A-4, A-5
zelf-test, A-5
catalogus
gebruiken, 1-23
programma's, 1-23, 12-23
variabelen, 1-23, 3-5
verlaten, 1-3
checksums
programma's, 12-24, 12-25
vergelijkingen, 6-23, 12-7, 12-25
%CHG argumenten, 4-7
CLEAR menu, 1-4
(CMPLX), 9-1, 9-3
combinaties, 4-13
complexe getallen
bekijken, 9-2
bewerkingen, 9-1, 9-3
coördinatenstelsel, 9-6
in stapelgeheugen, 9-2
invoeren, 9-1
polynomiale wortels, 15-22
conditionele tests, 14-7
constante (in stapelgeheugen), 2-7
contrast bijstellen, 1-1
conversie
coördinaten, 15-1
grondtal, 10-1
hoekeenheid, 4-11
hoeken, 4-11
lengte-eenheden, 4-12
massa-eenheden, 4-12
temperatuureenheden, 4-12
tijd, 4-11
van coördinaten, 4-8, 9-6
volume-eenheden, 4-12
conversiefuncties, 4-8
conversie van eenheden, 4-12
coördinaatconversie van polair naar rechthoekig, 4-8, 9-6, 15-1
coördinaatconversie van rechthoekig naar polair, 4-8, 9-6, 15-1
coördinaten
converteren, 4-5, 4-8, 15-1
transformeren, 15-35
coördinaten transformeren, 15-35
correlatie-coëfficiënt, 11-9, 16-1
cosinus (trig), 4-4, 9-3
/c waarde, 5-6, B-5, B-8

D

decimaal deel, 4-15
decimaalteken, 1-17, A-1
decimale komma, 1-17, A-1
Decimale modus. *zie:* grontalmodus
derdemachtsvergelijking, 15-22
discontinuïteit in functie, C-7
display
contrast bijstellen, 1-1
functienamen in, 4-15
gebruik van punten en komma's, A-1
indicators, 1-8
instellen, 1-17
instelling, A-1
punten en komma's, 1-17
X-register, 2-2
display instelling
beïnvloedt afronden, 4-15
beïnvloedt getallen, 1-17
beïnvloedt integratie, 8-2, 8-6, 8-8

standaardinstelling, B-5
display modus voor breuken
beïnvloedt afronden, 5-9
instellen, 1-22, 5-1, A-2
invloed op VIEW, 12-15
verborgen cijfers tonen, 3-5
DISP menu, 1-17
distributie van de inverse, 16-13
"do if true", 13-6, 14-7
DSE, 13-18

E

(E) (exponent), 1-12
E in getallen, 1-11, 1-18, A-1
energie-indicator, 1-1
ENG instelling, 1-18. *zie ook* display instelling
(ENTER)
bekeken variabele kopiëren, 12-15
getallen kopiëren, 2-7
getallen scheiden, 1-13, 1-15, 2-7
met stapelgeheugen, 2-6
stapelgeheugen wissen, 2-7
vergelijkingen beëindigen, 6-5, 6-10, 6-11, 12-6
vergelijkingen evalueren, 6-13, 6-15
EQN indicator in Programmamodus, 12-6
EQN indicator in Vergelijkingenlijst, 6-5, 6-8
EQN LIST TOP, 6-9, E-2
exponentieel model voor inpassen in kromme, 16-1
exponentiële functies, 1-13, 4-2, 9-3

F

faculteitsfunctie, 4-12
(FDISP)
geeft andere display modus, A-2
niet programmeerbaar, 5-11
schakelaar voor vlaggen, 13-10
wisselt display modus, 1-22, 5-1
financiële berekeningen, 17-1
FIX instelling, 1-17. *zie ook* display instelling
FLAGS menu, 13-12
FN=
in programma's, 14-7, 14-11
programma's integreren, 14-9
programma's oplossen, 14-1
fouten
corrigeren, 2-10, E-1
wissen, 1-3
foutmeldingen, E-1
functies
geheugengebruik, 12-23, B-2
in programma's, 12-7
in vergelijkingen, 6-6, 6-20, F-1
lijst van, F-1
met complexe getallen, 9-3
met één getal, 1-14, 2-10, 9-3
met reële getallen, 4-1
met twee getallen, 1-15, 2-11, 9-3
namen in display, 4-15, 12-7
niet programmeerbaar, 12-26
functies met opgeslagen gegevens, 3-7
functies voor procentuele verandering, 4-6

G

gaan naar, 13-2
gamma-functie, 4-12
garantie, A-7
gegroepeerde gegevens
  standaard deviatie, 16-21
geheel gedeelte, 4-15
geheugen
  beschikbare ruimte, 1-23, B-2
  gebruik, 12-23, B-1, B-2
  gehandhaafd bij uitzetten, 1-1
  grootte, 1-23, B-1
  inhoud, 1-23
  opnieuw toewijzen, B-3
  programma's, 12-22, 12-23, B-3
  programma's wissen, 1-24, 12-6, 12-24
  ruimte bij integratie, 8-2
  stapelgeheugen, 2-1
  statistiekregisters, 11-14
  statistiekregisters wissen, 11-2, 11-14
  variabelen, 3-6
  variabelen wissen, 1-24, 3-6
  vergelijkingen, B-2
  vergelijkingen wissen, 6-11
  vol, A-2
  wissen, 1-4, 1-24, A-1, A-4, B-1, B-4
geheugen wissen, B-4
geïnverteerde hyperbolische functies, 4-6
geïnverteerde trigonometrische functies, 4-4
geld (bankwezen), 17-1
geldstromen, 17-1
gemiddelde (statistiek)
  bewerkingen, 11-5
  normale distributie, 16-13
geneste routines, 13-3, 14-13
getallen. *zie:* binaire getallen, hexadecimale getallen, octale getallen, variabelen
  aantal decimalen, 1-17
  afronden, 4-15, 10-5
  alle cijfers tonen, 10-8
  alle getallen tonen, 1-19
  begrenzing, 1-11
  bereik, 1-14, 10-6
  breuken in, 1-20, 5-1
  complex, 9-1
  display instelling, 1-17, 10-5
  E, A-1
  E in, 1-11, 1-12
  gebruik van punten en komma's, A-1
  gedeelten van, 4-15
  geheugengebruik, 12-23, B-2
  grondtal, 10-1, 12-27
  groot en klein, 1-11, 1-14
  in programma's, 12-6
  interne weergave, 1-17, 10-5
  in vergelijkingen, 6-6
  mantisse, 1-12
  nauwkeurigheid, 1-17, C-18
  negatief, 1-11, 9-3, 10-6
  opnieuw gebruiken, 2-7, 2-12
  opslaan, 3-3
  opvragen, 3-3
  priemgetal, 17-8
  punten en komma's, 1-17
  reëel, 4-1, 8-1
  rekenkundige bewerkingen, 1-14
  teken veranderen, 1-11, 1-14, 9-3
  typen, 1-11, 1-13, 10-2
  verwisselen, 2-4
  volgorde bij bewerkingen, 1-16

wijzigen, 1-3, 1-11, 1-13
wissen, 1-3, 1-4, 1-11, 1-13
getallencursor
betekenis , 1-13
in programma's, 12-7
in vergelijkingen, 6-6
met Backspace-toets, 1-3, 6-10, 12-7
gewichtsconversie, 4-12
gewogen gemiddelde, 11-5
go to. *zie:* GTO
graden
converteren naar radialen, 4-11
hoekeenheid, 4-3, A-2
Grads (hoekeenheid), 4-3, A-2
grondtal
bij breuken, 5-2
converteren, 10-1
instellen, 10-1, 12-26, 14-13
invloed op display, 10-5
programma's, 12-26
programmeren, 12-26
rekenkundige bewerkingen, 10-3
standaardinstelling, B-5
vergelijkingen, 6-6, 6-14, 12-27
grondtalmodus
standaardinstelling, B-5
GTO
gaat naar PRGM TOP, 12-5, 12-22, 13-6
zoekt programmalabel, 12-11, 12-23, 13-6
zoekt programmaregels, 12-21, 12-23, 13-6
GTO, 13-5, 13-17

H

haakjes
geheugengebruik, 12-23
in rekenkundige bewerkingen, 2-14
in vergelijkingen, 6-7, 6-19
helling (inpassen in kromme), 11-9, 16-1
hexadecimale getallen. *zie:* hex getallen
bereik, 10-6
converteren naar, 10-2
rekenkundige bewerkingen, 10-3
typen, 10-2
HEX indicator, 10-2
hex getallen. *zie:* getallen
hoeken
converteren, 4-11
eenheden converteren, 4-11
eenheden voor, 4-3
impliciete eenheden, A-2
tussen vectoren, 15-1
hoekmodus, 4-3, A-2, B-5
Horner, methode van, 12-28
huidige waarde. *zie:* financiële berekeningen
hulp bij de calculator, A-1
hyperbolische functies, 4-6

I

i, 3-10, 13-20
(i), 3-10, 13-20, 13-21, 13-24
imaginaire deel (complexe getallen), 9-1, 9-2
indicators
alfa, 1-2
batterij, 1-1, A-3
batterij bijna leeg, A-3
batterijen, 1-1
beschrijvingen, 1-8

lijst van, 1-9
shift-toetsen, 1-2
vlaggen, 13-12
indirecte adressering, 13-20, 13-21, 13-22
inpassen in een kromme, 11-9, 16-1
INPUT
in integratieprogramma's, 14-10
in SOLVE programma's, 14-2
programmagegevens invoeren, 12-13
reageren op, 12-14
verborgen cijfers tonen, 12-15
vraagt altijd om invoer, 13-11
integratie
beperkingen, 14-12
display instelling, 8-2, 8-6, 8-8
functie, 8-1
gebruiken, 8-2
gecompliceerde functies, D-1, D-2, D-7
geheugengebruik, 12-23, B-2, B-3
geheugenverbruik, 8-2
grenzen, 8-2, 14-9, D-1, D-7
grondtal, 12-27, 14-13
in programma's, 14-11
nauwkeurigheid, 8-2, 8-6, 8-7, D-1, D-2
onderbreken, 8-2, B-3
onzekerheid van resultaat, 8-2, 8-6, 8-7, D-1, D-2
oplossing in stapelgeheugen, 8-2
programma's evalueren, 14-9
resultaat in stapelgeheugen, 8-7
stoppen, 14-9
subintervallen, D-1, D-2, D-7, D-9
tijd, 8-6, D-1, D-7
variabelen, 8-2
variabelen transformeren, D-2, D-9
verder gaan met, 14-9
werken met, D-1, D-1
integratiegrenzen, 8-2, 14-9
inverse, 1-14, 9-3
inwendig produkt, 15-1
ISG, 13-18

K

kettingberekeningen, 2-14
kiem (willekeurig getal), 4-13
komma's (in getallen), 1-17, A-1
kredietgever (bankwezen), 17-1
kredietnemer (bankwezen), 17-1
kwadraatfunctie, 1-14, 4-2
kwadratische vergelijking, 15-22

L

LAST*x* functie, 2-10
LAST X register, 2-10, B-8
lengteconversie, 4-12
lettertoetsen, 1-2
lineaire regressie (benadering), 11-9, 16-1
logaritmische functies, 4-2, 9-3
logaritmisch model voor inpassen in kromme, 16-1
Lukasiewicz, 2-1
lussen, 13-16, 13-18

M

machten van 10, 1-11, 1-12
machtsfuncties, 1-13
machtsverheffen, 4-2
machtsverheffende functies, 9-4

machtsverheffend model voor inpassen in kromme, 16-1
mantisse, 1-12, 1-19
massaconversie, 4-12
matrixinversie, 15-13
maximum van functie, C-10
meldingen
  in vergelijkingen, 12-16
  overzicht, E-1
  reageren op, 1-23, E-1
  weergeven, 12-16, 12-19
  wissen, 1-3, 1-23
(MEM)
  geheugen bekijken, 1-23
  programmacatalogus, 1-23, 12-23
  variabelencatalogus, 1-23, 3-5
MEMORY CLEAR, A-4, B-4, E-3
MEMORY FULL, B-1, E-3
menu's
  algemeen, 1-5
  lijst van, 1-6
  verlaten, 1-3, 1-8
  voorbeeld, 1-7
menutoetsen, 1-5
menu voor gemiddelde, 11-5
menu voor lineaire regressie, 11-9
menu voor standaard deviatie, 11-7, 11-8
minimum van functie, C-10
modus. *zie:* display modus voor breuken, grondtalmodus, hoekmodus, Programmamodus, Vergelijkingenmodus
MODES menu
  grondtal instellen, 1-17
  hoekmodus, 4-4

N

nauwkeurigheid (getallen), 1-17, 1-19, C-18
negatieve getallen, 1-11, 9-3, 10-6
noemers
  bereik, 1-20, 5-1, 5-3
  grootste instellen, 5-6
  instellen, 5-7, 13-10, 13-14
normale distributie, 16-13

O

octale getallen. *zie:* getallen
  bereik, 10-6
  converteren naar, 10-2
  rekenkundige bewerkingen, 10-3
  typen, 10-2
OCT indicator, 10-2
(OFF), 1-1
Oma Dijkstra, 11-8
onzekerheid (integratie), 8-2, 8-6, 8-7
opnieuw instellen van de calculator, A-4
overflow
  optreden testen, 13-9
  reactie instellen, 13-9, E-4
  resultaat van berekening, 1-14, 10-3, 10-7
  vlaggen, 13-9, E-4

P

π, 4-3, A-2
PARTS menu, 4-15
pauze. *zie:* PSE
periodieke geldwaarde, 17-1
permanent geheugen, 1-1
permutaties, 4-13
polynomen, 12-28, 15-22
pool van functie, C-7

PRGM TOP, 12-4, 12-5, 12-22, E-4
priemgetal genereren, 17-8
prioriteit (operators in vergelijking), 6-19
problemen oplossen, A-4, A-5
PROB menu, 4-13
procentfuncties, 4-6
programmacatalogus, 1-23, 12-23
programmacursor, 12-5, 12-11, 12-20, 12-22, B-5
Programma-invoermodus, 1-3
programmalabels
  bekijken, 12-23
  checksums, 12-25
  dubbel, 12-6
  functie, 12-3
  gaan naar, 12-11, 12-23, 13-2
  indirecte adressering, 13-20, 13-21, 13-22
  invoeren, 12-3, 12-6
  naam typen, 1-2
  springen naar, 13-5
  uitvoeren, 12-10
  vertakken naar, 13-16
  wissen, 12-6
Programmamodus, 12-5, 12-6
programmanaam. *zie:* programmalabels
programmaregels. *zie:* programma's
programma's. *zie:* programmalabels
  aanroep voor vergelijkingen, 13-11
  alles verwijderen, 1-4
  alles wissen, 12-6, 12-24
  bewerkingen, 12-14
  bewerkingen met RPN, 12-4
  breuken, 5-11, 12-15, 13-10
catalogus, 1-23, 12-23
checksums, 12-24, 12-25, B-3
conditionele tests, 14-7
fouten, 12-20
functie, 12-1
gegevensinvoer, 12-5, 12-12, 12-13
gegevensuitvoer, 12-5, 12-12, 12-15, 12-19
geheugengebruik, 12-23, B-2
getallen, 12-6
grondtal, 12-26
indirecte adressering, 13-20, 13-21, 13-22
integratie gebruiken, 14-11
invoeren, 12-5
lang getal tonen, 12-6
lengte, 12-23, 12-24, 12-25, B-3
lussen, 13-16, 13-18
meldingen, 12-16, 12-19
niet stoppen, 12-19
niet toegestane functies, 12-26
onderbreken, 12-15, 12-17, 12-20
ontwerpen, 12-3, 13-1
oplossing van vergelijking, 13-11
regelnummers, 12-3, 12-21, 12-23
regels invoegen, 12-5, 12-21
regels verwijderen, 12-21
Return aan einde, 12-4
routines, 13-1
routines oproepen, 13-2, 13-3
SOLVE gebruiken, 14-7
stap voor stap uitvoeren, 12-10
stoppen, 12-20
technieken, 13-1
teller van lus, 13-18

testen, 12-10
uitvoeren, 12-10, 12-23
variabelen , 12-12, 14-1, 14-9
verder gaan met, 12-16
vergelijkende tests, 13-7
vergelijkingen, 12-4, 12-6
vergelijking verwijderen, 12-7, 12-21
vergelijking wijzigen, 12-7, 12-22
verplaatsen, 12-11
vertakken, 13-2, 13-5, 13-6, 13-16
verwijderen, 1-24
vlaggen, 13-9, 13-12
voor integratie, 14-9
voor SOLVE, 14-2, C-1
voorwaardelijke tests, 13-6, 13-7, 13-9, 13-13, 13-17
vragen om gegevens, 12-13
wijzigen, 1-3, 12-7, 12-21
wissen, 12-6, 12-24
programma uitvoeren, 12-10, 12-23
PSE
programma's tijdelijk stoppen, 12-12, 12-20, 14-11
programma stopt niet, 12-19, 13-11
punten (in getallen), 1-17, A-1

R

R↓ en R↑, 2-3, 2-4
radialen
converteren naar graden, 4-11
hoekeenheid, 4-3, A-2
RCL, 3-3, 12-14
reële deel (complexe getallen), 9-1, 9-2
reële getallen
bewerkingen, 4-1
integratie met, 8-1
met SOLVE, 14-2
regressie (lineair), 11-9, 16-1
rekenkundige bewerkingen
algemeen, 1-14
binair, 10-3
hexadecimaal, 10-3
lange bewerkingen, 2-14
met complexe getallen, 9-4
met stapelgeheugen, 2-5, 9-2
octaal, 10-3
tussentijdse resultaten, 2-14
volgorde van bewerkingen, 2-17
rente (bankwezen), 17-3
reparatieservice, A-8
Return (programma). *zie:* programma's
routines
delen van programma's, 13-1
nesten, 13-3, 14-13
oproepen, 13-2
RPN
herkomst, 2-1
in programma's, 12-4
vergeleken met vergelijkingen, 6-20, 12-4
R/S
aanroep beëindigen, 6-14, 6-17, 7-2, 12-14
integratie onderbreken, 8-2, 14-9
programma's onderbreken, 12-20
programma uitvoeren, 12-23
SOLVE stoppen, 7-8, 14-1
verder gaan met programma's, 12-16, 12-17, 12-20

S

saldo (bankwezen), 17-1

schattingen (voor SOLVE), 7-2, 7-7, 7-8, 7-12, 14-7
SCI instelling. *zie:* display instelling
  in programma's, 12-6
  instellen, 1-18
(SCRL), 6-9, 12-7
service, A-8
shift-toetsen, 1-2
(SHOW)
  checksum van programma, 12-24, 12-25, B-3
  checksum van vergelijkingen, 6-23, B-3
  cijfers achter aanroep, 6-18, 10-8, 12-15
  cijfers in breuken, 3-5, 5-5
  cijfers van getallen, 1-19, 12-6
  cijfers van variabelen, 3-4, 3-5, 10-8, 12-16
  lengte van programma, 12-25, B-3
  lengte van vergelijkingen, 6-23, B-3
sinus (trig), 4-4, 9-3, A-2
snijpunt (inpassen in kromme), 11-9, 16-1
SOLVE
  afronden, C-18
  asymptoten, C-10
  discontinuïteit, C-7
  functie, 7-1
  gebruiken, 7-2
  geen beperkingen, 14-12
  geen wortel, 7-7, 14-7, C-10
  geheugengebruik, 12-23, B-2, B-3
  grondtal, 12-27, 14-13
  initiële schattingen, 7-2, 7-7, 7-8, 7-12, 14-7
  in programma's, 14-7
  meerdere wortels, 7-8
  minimum of maximum, C-10
  onderbreken, 7-2, 7-8, B-3
  oplossing controleren, 7-7, C-3
  oplossing in stapelgeheugen, 7-2, 7-7
  pool, C-7
  programma's evalueren, 14-1
  reële getallen, 14-2
  resultaat in stapelgeheugen, C-4
  underflow, C-18
  verder gaan met, 14-1
  vergelijkingen oplossen, 7-1, 7-7
  vlak gebied, C-10
  werken met, 7-6, C-1
sommen van statistische variabelen, 11-13
(SPACE), 6-7, 6-20
standaard deviatie
  bewerkingen, 11-7, 11-8
  gegroepeerde gegevens, 16-21
  normale distributie, 16-13
standaard deviatie van de populatie, 11-8
standaard deviatie van de steekproef, 11-7
stapelgeheugen
  beïnvloed door aanroep, 6-18, 12-13
  bekijken, 2-3
  bewerkingen in programma's, 12-14
  complexe getallen, 9-2
  effect van (ENTER), 2-6
  functie, 2-2
  in vergelijkingen, 6-14
  lange bewerkingen, 2-14
  maximale inhoud, 2-5, 9-2

met constante, 2-7
niet beïnvloed door VIEW, 12-15
programma-invoer, 12-12
programma-uitvoer, 12-12
registers, 2-2
verschilt van variabelen, 3-3
verschuiven, 2-3, 2-4
verwisselen met variabelen, 3-9
werken met, 2-1, 2-5, 9-2
X en Y verwisselen, 2-4
stapelgeheugen omhoogschuiven, 2-5
geen invloed op, B-7
inschakelen, B-6
standaardinstelling, B-5
uitschakelen, B-6
stapelgeheugen omlaagschuiven, 2-5
stapelgeheugen verschuiven, 2-3, 2-4
stap voor stap uitvoeren, 12-10
statistieken
berekeningen, 11-5
bewerkingen, 11-1
distributie, 16-13
gegevens met twee variabelen, 11-2
gegroepeerde gegevens, 16-21
inpassen in een kromme, 11-9, 16-1
met één variabele, 11-2
statistieken met één variabele, 11-2
statistieken met twee variabelen, 11-2
statistiekmenu's, 11-1, 11-5
statistiekregisters. *zie:* statistische gegevens
bekijken, 11-13
bevat sommaties, 11-1, 11-13, 11-15
gegevens corrigeren, 11-3
geheugen, 11-14
geheugengebruik, 12-23, B-2
initialiseren, 11-2
toegang, 11-15
wissen, 11-2, 11-14
statistische gegevens. *zie:* statistiekregisters
corrigeren, 11-3
geheugengebruik, 12-23, B-2
initialiseren, 11-2
invoeren, 11-1
met één variabele, 11-2
met twee variabelen, 11-2
nauwkeurigheid, 11-12
sommen van variabelen, 11-13
wissen, 1-4, 11-2
statistische registers
geen breuken, 5-2
wissen, 1-4
stelsels van vergelijkingen, 15-13
STO, 3-3, 12-12
STOP, 12-20
stroomschema's, 13-2
subroutines. *zie:* routines
syntaxis (vergelijkingen), 6-18, 6-23, 12-16

T

tangens (trig), 4-4, 9-3, A-2
tekenconventies (bankwezen), 17-1
teken (van getal), 1-11, 1-14, 9-3, 10-6
teken van getal veranderen, 1-11, 1-14, 9-3
teller van lus, 13-18, 13-22
temperatuur
beperkingen, A-2

eenheden converteren, 4-12
testen van de calculator, A-4, A-5
testmenu's, 13-7
tijdsaanduiding, 4-11
toekomstig saldo (bankwezen), 17-1
toetsen
alfa, 1-2
bovenste rij, 6-9, 12-7
letters, 1-2
shift-functie, 1-2
T-register, 2-5, 2-7
trigonometrische functies, 4-4, 9-3
tussentijdse resultaten, 2-14
TVM, 17-1
two's complement, 10-3, 10-6

U

uitwendig produkt, 15-1
underflow, C-18

V

variabelen
alle cijfers tonen, 3-4, 3-5, 10-8, 12-16
alles wissen, 1-4, 3-6
bekijken, 3-4, 12-15, 12-19
berekeningen in, 3-6
bij integratie, 8-2, 14-9
catalogus van, 1-23, 3-5
geheugengebruik, 12-23, B-2
getallen opslaan, 3-1
indirecte adressering, 13-20, 13-21
in programma's, 12-12, 14-1, 14-9
in vergelijkingen, 6-6, 7-1
naam typen, 1-2
namen, 3-1
oplossen, 7-2, 14-1, 14-7, C-1
opslaan, 3-3
opvragen, 3-3, 3-5
polynomen, 12-28
programma-invoer, 12-13
programma-uitvoer, 12-15, 12-19
standaardinstelling, B-5
van vergelijking opslaan, 6-15
verschillen van stapelgeheugen, 3-3
verwisselen met X, 3-9
wissen, 1-24, 3-6
wissen bij bekijken, 12-16
variabelencatalogus, 1-23, 3-5
vectoren
bewerkingen, 15-1
conversie van coördinaten, 4-10, 9-7
coördinaatconversie, 15-1
toepassingsprogramma, 15-1
vensters (binaire getallen), 10-7
vergelijkende tests, 13-7
vergelijking
evenredigheid, 7-1
gelijkheid, 6-12
toekenning, 6-12, 6-15, 7-1
uitdrukking, 6-12, 7-1
vergelijkingen. *zie:* Vergelijkingenlijst
meerdere wortels, 7-8
meldingen, 12-16
met breuken, 5-10
met **(i)**, 13-24
numerieke waarde, 12-4
numerieke waarde van, 6-13, 6-15, 6-16, 7-1, 7-7
onbeperkte lengte, 6-5
oplossen, 7-2, 7-7, 12-4, 13-11, C-1
oplossing regelen, 13-11

overzicht van bewerkingen, 6-3
polynomiale, 15-22
prioriteit van operators, 6-19
stelsels, 15-13
syntaxis, 6-18, 6-23, 12-16
toekenning, 6-14
tonen in programma's, 12-16, 12-19, 13-11
TVM vergelijking, 17-1
types, 6-12
uitdrukking, 6-14
variabelen , 6-6, 7-1
vergeleken met RPN, 6-20, 12-4
verschuiven, 6-9, 12-7, 12-17
verwijderen, 1-4, 6-11
vragen om waarden, 6-14, 6-17
waarde van variabele opslaan, 6-15
weergeven, 6-8
wijzigen, 1-3, 6-10, 6-11
wijzigen in programma, 12-7, 12-22
wortel, 7-1
aanroepen in programma's, 13-11
aanroep in programma's, 14-2, 14-10
checksums, 6-23, 12-7, 12-25, B-3
evalueren, 6-13, 6-15, 6-16
functies, 6-6, 6-20, F-1
gebruik, 6-1
gebruik van stapelgeheugen, 6-14
geen wortel, 7-7
geheugengebruik, 12-23, B-2
gelijkheid, 6-14
getallen in, 6-6
grondtal, 6-6, 6-14, 12-27
grootte, 12-7
haakjes, 6-7, 6-19
in programma's, 12-4, 12-6, 12-7, 12-25, 13-11
in programma verwijderen, 12-7, 12-21
integreren, 8-2
in toepassingen, 17-1
invoeren, 6-5, 6-10
invoeren in programma's, 12-6
lang, 6-9
lengte, 6-23, B-3, 6-23
meerdere wortels, 7-8
meldingen, 12-16
met breuken, 5-10
met **(i)**, 13-24
numerieke waarde, 12-4
numerieke waarde van, 6-13, 6-15, 6-16, 7-1, 7-7
onbeperkte lengte, 6-5
oplossen, 7-2, 7-7, 12-4, 13-11
oplossing regelen, 13-11
overzicht van bewerkingen, 6-3
polynomiale, 15-22
prioriteit van operators, 6-19
stelsels, 15-13
syntaxis, 6-18, 6-23, 12-16
toekenning, 6-14
tonen in programma's, 12-16, 12-19, 13-11
TVM vergelijking, 17-1
types, 6-12
uitdrukking, 6-14
variabelen , 6-6, 7-1
vergeleken met RPN, 6-20, 12-4
verschuiven, 6-9, 12-7, 12-17
verwijderen, 1-4, 6-11

vragen om waarden, 6-14, 6-17
waarde van variabele opslaan, 6-15
weergeven, 6-8
wijzigen, 1-3, 6-10, 6-11
wijzigen in programma, 12-7, 12-22
wortel, 7-1
vergelijkingencursor
met Backspace-toets, 1-3, 6-10, 12-22
werken met, 6-6
Vergelijkingenlijst
EQN indicator, 6-5
in Vergelijkingenmodus, 6-3
overzicht van bewerkingen, 6-3
toevoegen aan, 6-5
weergeven, 6-8
wijzigen, 6-11
Vergelijkingenmodus
bij het invoeren van een programma, 12-6
met Backspace-toets, 1-3, 6-10
starten, 6-4, 6-8
toont Vergelijkingenlijst, 6-3
verlaten, 1-3, 6-4
verschuiven
binaire getallen, 10-8
vergelijkingen, 6-9, 12-7, 12-17
vertakken, 13-16, 14-7
VIEW
geen invloed op stapelgeheugen, 12-15
programmagegevens tonen, 12-15, 12-19, 14-7
programma's stoppen, 12-15
variabelen tonen, 3-4, 10-8
vlaggen
aanroep voor vergelijkingen, 13-11
activeren, 13-12
betekenins, 13-9
bewerkingen, 13-12
breukweergave, 5-7, 13-10
indicators, 13-12
niet gedefinieerd, 13-9
oplossing van vergelijking, 13-11
overflow, 13-9
standaard status, 13-9, B-5
testen, 13-9, 13-13
wissen, 13-12
vochtigheid
beperkingen, A-2
volumeconversie, 4-12
voorwaardelijke tests, 13-6, 13-7, 13-9, 13-13, 13-17
vragen, A-1

W

waarschijnlijkheid
functies, 4-12
normale distributie, 16-13
werken met RCL, 3-7, B-8
werken met STO, 3-7
willekeurige getallen, 4-13, B-5
wiskunde
algemeen, 1-14
lange bewerkingen, 2-14
met complexe getallen, 9-1, 9-4
met reële getallen, 4-1
met stapelgeheugen, 2-5, 9-2
tussentijdse resultaten, 2-14
volgorde van bewerkingen, 2-17
wissen
algemene informatie, 1-3

geheugen, 1-24, A-1
getallen, 1-11, 1-13
meldingen, 1-23
programma's, 1-24, 12-24
statistiekregisters, 11-2, 11-14
variabelen, 1-24, 3-6
vergelijkingen, 6-11
X-register, 2-2, 2-8
wissen van het geheugen, A-4
wortel, 1-14
controleren, 7-7
in programma's, 14-7
niet gevonden, 7-7
van programma's, 14-1
van vergelijking, 7-1
wortelfuncties, 4-2
wortels. *zie:* SOLVE
controleren, C-3
kwadratische, 15-22
meerdere, 7-8
polynomiale, 15-22
wortels niet gevonden, C-10

X

XEQ
programma uitvoeren, 12-10, 12-23
vergelijkingen evalueren, 6-13, 6-16
X-register
beïnvloed door aanroep, 6-18
berekeningen met variabele, 3-6
bij programmapauze, 12-20
deel van stapelgeheugen, 2-2
in display, 2-2
niet beïnvloed door VIEW, 12-15
niet wissen, 2-6
testen, 13-7
verwisselen met variabelen, 3-9
verwisselen met Y, 2-4
wissen, 1-4, 2-2, 2-8
wissen in programma, 12-7
XROOT argumenten, 6-20

Z

zelf-test (calculator), A-5

In contact treden met Hewlett-Packard

Voor informatie over het gebruik van de calculator. Als u vragen hebt over het gebruik van deze calculator, raadpleegt u dan eerst de inhoudsopgave, de index en de paragraaf "Antwoorden op de meest voorkomende vragen" in appendix A. Als u in de handleiding geen antwoord kunt vinden, kunt u contact opnemen met de divisie calculators van de HP distributeur in Nederland:

Recom Calculators
Rodenburgskamp 25-27
6666 LC HETEREN
Postbus 60
6666 ZH HETEREN
Telefoon: 08306-22222
Telefax: 08306-22822

Voor service. Als de calculator niet goed werkt, raadpleeg dan appendix A voor instructies om te achterhalen wat het probleem is, en voor informatie over de serviceverlening. Als u in de Verenigde Staten bent en de calculator service nodig heeft, stuurt u deze op naar het Corvallis Service Center:

Hewlett-Packard
Calculator Service Center
1030 N.E. Circle Blvd.
Corvallis, OR 97330, U.S.A.
(503) 757-2002

Buiten de Verenigde Staten raadpleegt u appendix A voor informatie over het dichtsbijzijnde Service Center of neemt u contact op met Recom Calculators.

Inhoud

Deel 1: basisbewerkingen

1: Beginnen met de HP32SII
2: Het automatisch stapelgeheugen
3: Gegevens opslaan in variabelen
4: Functies met reële getallen
5: Breuken
6: Vergelijkingen invoeren en evalueren
7: Vergelijkingen oplossen
8: Vergelijkingen integreren
9: Bewerkingen met complexe getallen
10: Grondtalconversie en rekenkundige bewerkingen
11: Statistische bewerkingen

Deel 2: programmeren

12: Eenvoudige programma's
13: Programmeertechnieken
14: Programma's voor het oplossen en integreren van functies
15: Wiskundige programma's
16: Programma's voor statistieken
17: Diverse programma's en vergelijkingen

Deel 3: appendices en indexen

A: Ondersteuning, batterijen en service
B: Het gebruikersgeheugen en het stapelgeheugen
C: Meer informatie over SOLVE
D: Meer informatie over integreren
E: Meldingen
F: Bewerkingsindex
Index

HEWLETT PACKARD

Bestelnummer 00032-90080
Editie 1
Nederlands
Gedrukt in Duitsland 08/95

00032-90080