Vorbemerkung

Die nachfolgende Einleitung soll einen Einstieg in die Benutzung des TI-92 erleichtern. Es werden viele Möglichkeiten, diesen Rechner zu nutzen, vorgestellt. Es ist nicht die Intention dieses Papiers, bereits zu behandeln, welche Auswirkungen der Einsatz dieses (oder eines ähnlichen) Gerätes auf den Mathematikunterricht hätte. Aber schon hier müsste deutlich werden, dass bestimmte Aufgabentypen (z.B. die Kurvendiskussion herkömmlicher Art) dann „tot“ sind.

Ein- und Ausschalten, Batterieschonung

Wenn Sie die Batterien eingelegt haben und den Rechner einschalten (mit der [ON]–Taste links unten), sollten Sie einen leeren Bildschirm vor sich haben. Sie werden wahrscheinlich zuerst den Display-Kontrast anpassen müssen. Dazu drücken Sie die [♦]-Taste (die grüne Taste rechts neben der [ON]–Taste) und gleichzeitig die [+]- oder die [−]-Taste am rechten Rand (diese Tasten sind zusätzlich mit einem grünen Kontrast-Symbol gekennzeichnet). Falls Sie schon einmal mit dem Gerät gearbeitet haben, zeigt er sich Ihnen in dem Zustand, in dem Sie ihn ausgeschaltet haben.

Nach der Sitzung schalten Sie den Rechner mit [2nd] [ON] aus.

Bei etwas längeren Pausen wird die eingebaute Batterieschonung aktiv: Der Rechner schaltet sich ab, ist aber gleich nach dem Drücken der [ON]-Taste wieder im bisherigen Zustand.

System-Reset , Bildschirm oder Eingabezeile löschen

Auch für den TI-92 gibt es einen „großen Affengriff“: Drücken Sie gleichzeitig die Tasten [2nd] und [✋] und anschließend mit einem dritten Finger [ON]. Halten Sie diese drei Tasten solange gedrückt, bis der Bildschirm leer ist. Anschließend müssen Sie noch den Kontrast regeln. Sie haben jetzt einen „leeren“ Rechner, wie er das Werk verlassen hat. Alles - wirklich alles- was Sie gespeichert haben ist rettungslos weg!

Möchten Sie nur einen leeren Bildschirm, erreichen Sie dies mit [F1][8].

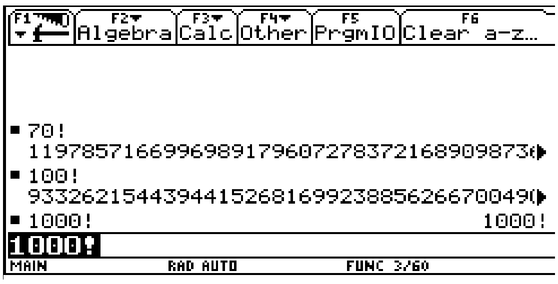
Die Eingabezeile löschen Sie mit der [CLEAR]-Taste (rechts in der Mitte neben dem Bildschirm)

Erste Rechnungen:

Sie finden neben dem Text immer rechts einen Ausdruck des TI-92-Bildschirmes und in der Mitte die zu drückenden Tasten.

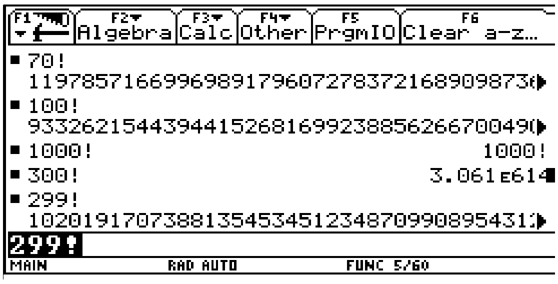
Beginnen wir das Spiel mit der Aufgabe, die die (meisten ?) gängigen Taschenrechner nicht mehr bewältigen: Die Fakultät von 70. (Das !- Zeichen erhalten Sie, indem Sie die gelb beschriftete [2nd]-Taste - dritte Taste in der untersten Reihe - und danach die W-Taste drücken) Auch 100! berechnet das Gerät problemlos. Bei 1000! ist die Antwort zwar richtig, hilft aber nicht weiter.

[7][0][2nd]W [ENTER] [1][0][0] [2nd]W [ENTER] [1][0][0][0][2nd] W [ENTER]



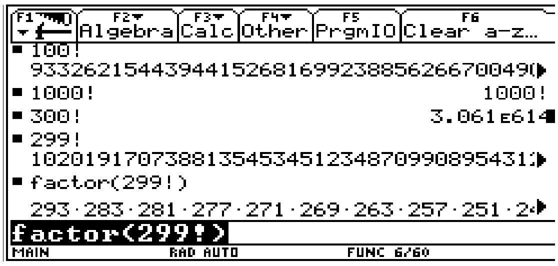
Beim Weiterspielen findet man dass 300! noch näherungsweise, 299! dagegen genau berechnet wird. (Dies dauert etwas - Der Rechner zeigt unten rechts auf dem Bildschirm an, dass er „BUSY“ ist. (Ein Druck auf die [ON]-Taste bricht die Rechnung ab.)

[3][0][0][2nd]W [ENTER] [2][9][9] [2nd]W [ENTER]



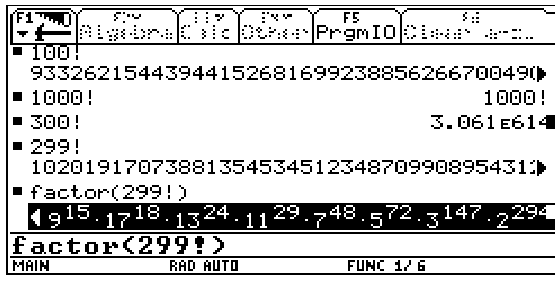
Wenn Sie sich für die weiteren Ziffern interessieren, drücken Sie bitte einmal oben auf das Cursor-Kreuz (ich werde dies durch ⊙ darstellen) und dann nach rechts (⊙). Zum Ende der Zahl kommen Sie mit [2nd]⊙. Frage: Wie viel Nullen hat diese Zahl am Ende? Mit dem Cursorkreuz nach unten, dann die Eingabezeile löschen und „factor(299!)“ eingeben.

⊙ ⊙ ... ⊙ ⊙ ⊙ bzw. [2nd]⊙ ⊙ [CLEAR] factor (299!)[ENTER]



Wieder nach oben und an das Ende der Zeile. Die Angabe 5^{72} liefert uns die gewünschte Information.

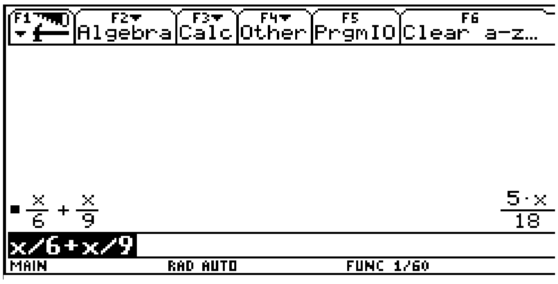
⊙[2nd]⊙



Eingabe und Darstellung

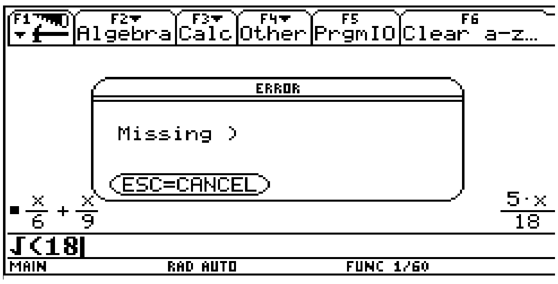
Die Eingaben erfolgen im Fliesstext; der TI-92 formt sie selbständig in die in der Mathematik übliche Form um . In der zweit untersten Zeile des Schirmes sehen Sie Ihre - noch dunkel unterlegte - Eingabe, darüber diese Eingabe in der gewohnten Schreibweise, rechts das Ergebnis.

[X][÷][6][+][X][÷] [9][ENTER]



Ein Teil der Tasten des TI-92 ist mehrfach belegt. So ist die Wurzel die Zweitfunktion der [×]–Taste. Drücken Sie nun die [2nd]–Taste. In der untersten Zeile des Bildschirms erscheint der Text 2ND und zeigt dies an. Wenn sie nun die [×]–Taste benutzen, erscheint in der Eingabezeile der Text „√(“. Geben Sie nun [1][8] , gefolgt von [ENTER]ein - und es erscheint eine

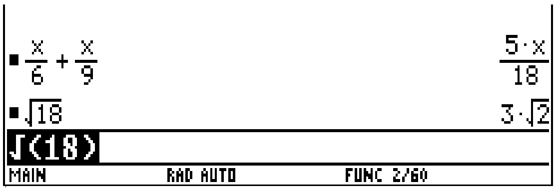
[2nd][×][1][8] [ENTER]



Fehlermeldung.

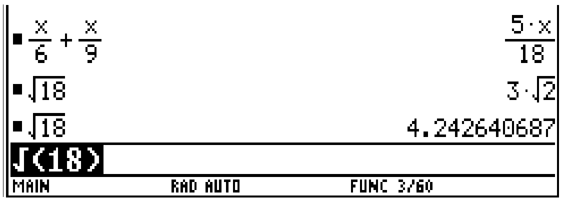
Bei Funktionen erwartet der Rechner die Eingabe von Argumenten und zeigt dies gleich durch die geöffnete Klammer an. Wenn Sie sie nach der Eingabe des Wertes nicht schließen, erscheint die obige Fehlermeldung. Mit [ESC] (links über dem Cursor-Kreuz) entfernen Sie diese und erhalten die Möglichkeit, den Fehler zu beseitigen.

[ESC][)][ENTER]



Oft ist allerdings der **Näherungswert** gefragt. Später werden wir sehen, wie dies dauerhaft eingestellt werden kann. Brauchen Sie nur an dieser Stelle eine numerische Näherung des letzten Wertes, gibt es einen Trick: Mit der Tastenkombination [◆][ENTER] erhalten sie den gesuchten Wert.

[◆][ENTER]



ans()

Drücken Sie jetzt einmal (in der Eingabezeile steht noch √(18) von der Berechnung des Näherungswertes) die [+]-Taste! Die Eingabezeile ändert sich zu „ans(1)+". Nun können sie z.B. √(4) ergänzen und erhalten wieder den Näherungswert für √18 +√__. Diese Funktion erscheint mir sinnvoll, um z.B. Zwischenergebnisse in Rechnungen der Schüler rationell kontrollieren zu können. Eine gewisse Gefahr besteht darin, dass die unsäglichen Kettenrechnungen wieder auftauchen. Mit ans(n) holen sie sich das Ergebnis der n Schritte zurückliegenden Rechnung zurück. Die Abbildung zeigt dies nach Ausführen der Aktion - deshalb scheinbar nicht das dritt- sondern viert letzte Ergebnis.

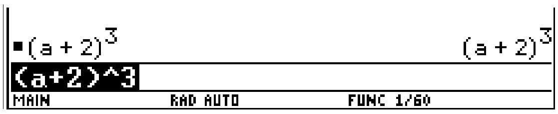
[+]

[2nd][×][4][)]

Expand()

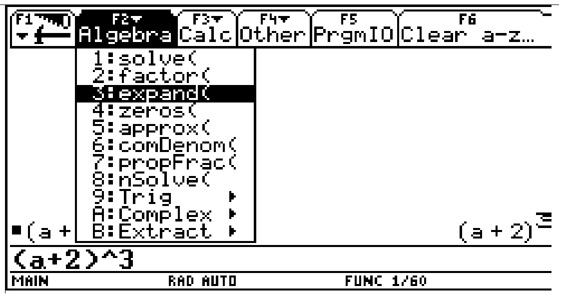
Hier sieht es zwar auf den ersten Blick so aus, als ob das Computer-Algebra-System (CAS) des TI-92 Terme nicht aus multiplizieren kann. Bei der Vielzahl von Fähigkeiten kann der Rechner nicht wissen, was mit diesem Term geschehen soll. Die entsprechende Anweisung müssen wir also mit eingeben.

[(][A][+][2][)][^][3][ENTER]



Zwei Wege sind möglich: Entweder drücken Sie die [F2]-Taste. Ein Menü öffnet sich. Nun bewegen Sie den dunkel unterlegten Balken mit dem Cursorfeld (auf die untere Seite drücken !) nach unten bis er auf „**3:expand**(“ steht. Sie können auch ganz einfach nach Öffnen des F2-Menüs die Taste [3] drücken.

[F2] ⌄ ⌄ [ENTER]

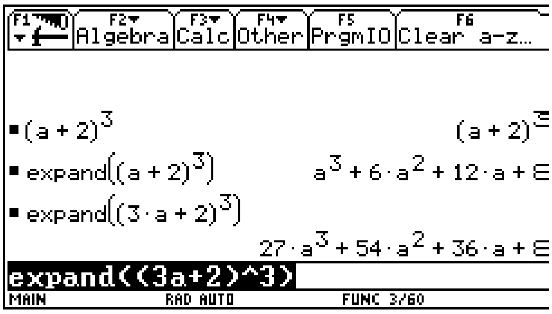


Falls Sie den Weg über das Menü nicht möchten, schreiben sie einfach in die Eingabezeile „expand(“. Nun könnten Sie den Term wieder eingeben. Es geht aber einfacher. Drücken Sie den Cursor einmal nach oben. Die Ausgabe „(x+2)^3“ vom letzten mal ist markiert. Nun drücken Sie [ENTER] ; der markierte Term wird in die Eingabezeile übernommen. Vergessen Sie nicht, die Klammer von „expand(“ wieder zu schließen. Noch einmal [ENTER] und das Ergebnis erscheint

⬆ [ENTER] [)] [ENTER]

Auch Terme wie (3a+2)^3 werden richtig berechnet. Nach dieser Rechnung reicht der Bildschirm nicht mehr aus, alles darzustellen. Der erste Schritt (x/6+x/9) ist verschwunden. Wenn Sie aber mit dem Cursor 12-mal nach oben gehen, sind Sie wieder am Anfang der Liste und die letzte Rechnung ist nach unten verschwunden. Wir könnten wieder 12-mal abwärts drücken und wären unten. Dies umgehen wir, indem wir nach [ENTER] und dadurch bewirkter Übernahme von (x/6+x/9) in die Eingabezeile diese mit [CLEAR] (rechts in der Mitte neben dem Bildschirm) wieder löschen, aber wieder am Ende der Liste sind.

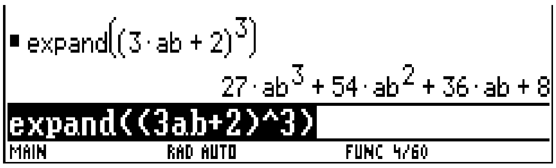
[F2] [3] [ENTER] [(] [3] [A] [+] [2] [)] [^] [3] [)] [ENTER]



Ausdrücke

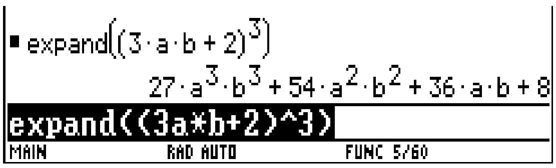
Die nächste Eingabe führt scheinbar zu einem falschen Ergebnis. Wenn Sie einmal genauer hinsehen, stellen Sie aber fest, daß der TI-92 zwischen der „3“ und „a“ einen Malpunkt eingefügt hat, zwischen „a“ und „b“ aber nicht. Das zugrundeliegende CAS interpretiert hier „ab“ als einen Variablennamen. Es löst zwar „3a“ als „3•a“ auf, kann aber nicht selbst entscheiden, ob der Benutzer „ab“ als den Namen einer Variablen „ab“ oder Produkt der Variablen „a“ und „b“ ansieht.

[F2] [3] [ENTER] [(] [3] [A] [B] [+] [2] [)] [^] [3] [)] [ENTER]



Dies Problem wird dadurch gelöst, daß man zwischen „a“ und „b“ das Multiplikationszeichen setzt. Bevor Sie versuchen, sich hier Regeln zu merken, sollten sie sich angewöhnen, die im Anzeigebereich dargestellte Eingabe noch einmal genau anzusehen. Fast alle Mißverständnisse der obigen Art lassen sich so vermeiden.

⬆ ◀ ◀ ◀ ◀ ◀ ◀ ◀ [×] [ENTER]



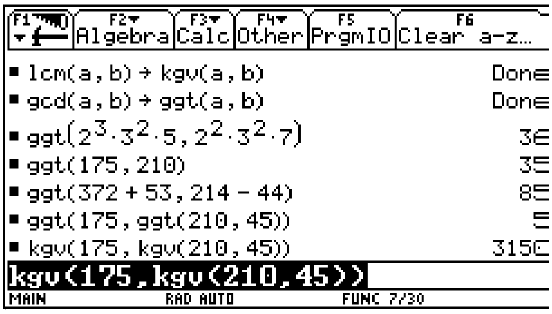
Übung : Lassen Sie die folgenden Ausdrücke berechnen :

$(6ab)^2$, $(6\bullet a\bullet b)^2$, $(6a\bullet b)^2$, $(6\bullet ab)^2$, $(a6b)^2$, $(a\bullet 6b)^2$,$(ab6)^2$, $(a\bullet b6)^2$, $(a\bullet b\bullet 6)^2$,$(6a^2b^2)^2$

„lcm“ und „gcd“ - oder, wie man bei uns sagt: kgV und ggT

Die Funktion „**lcm**“ finden Sie im Menue **MATH**, das Sie mit [2nd][5] aufrufen. Öffnen Sie das bereits angewählte Untermenue **Number** mit [ENTER] oder ◯. Mit [B] kopieren Sie sich „**lcm(** “ in die Eingabezeile, mit [C] den Funktionsaufruf „**gcd(** “. Sie können die Funktionen aber auch direkt eingeben. Nur wer denkt (in Klasse 6 ?) an „least common multiple“ bzw. „greatest common denominator“ ? Also nutzen wir die Möglichkeit, neue Funktionen zu defineren.

→ ist [STO▸]

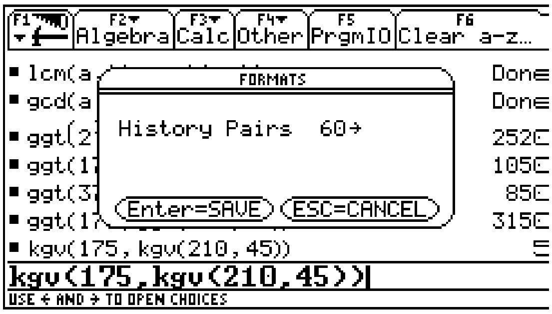


Intermezzo: „History“ - alles nur Geschichte

Vielleicht sollten Sie bei Ihren Übungen zwischendurch immer mal wieder den Bildschirm löschen ([F1][8]). Bei den Bildern dieser Serie sehen Sie am unteren Rand eine Angabe wie z.B. „FUNC 5/60“. Das heißt, daß insgesamt 60 Eingabezeilen in der „History“-Liste gespeichert werden. Die 5. Zeile dieser Liste ist die aktuelle Zeile - unabhängig davon, ob dies die letzte Zeile der aktuellen Liste ist, oder ob Sie gerade diese Zeile aus der gefüllten Liste ausgewählt haben. Für größere Bewegungen halten Sie ◯ oder ◯ gedrückt.

Geben Sie mehr als diese 60 Zeilen ein, so wird die jeweils „älteste“ Zeile (Zeile 1) durch die jeweils nächste Zeile überschrieben.

Wollen Sie Anzahl der zu speichernden Zeilen ändern (auf Ihrem Rechner wird vermutlich der Standardwert 30 stehen), tippen Sie [F1][9]. Die aktuelle Wahl (60) ist blinkend markiert, was sich hier nicht darstellen ließ. Öffnen Sie mit ◯ das Untermenue und wählen Sie eine andere Anzahl. Schließen Sie das Menue mit [ENTER] und speichern Sie die Auswahl mit [ENTER]

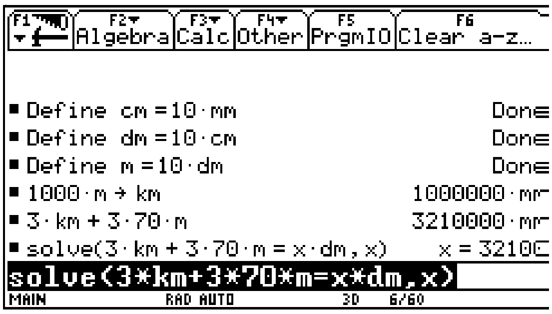


Einheiten

Um mit Größen in unterschiedlichen Maßeinheiten, wie z.B. bei Längenangaben, arbeiten zu können, müssen Sie die Umrechnungsfaktoren zunächst definieren.

Tippen Sie „**Define**“ selbst ein, oder kopieren Sie sich diesen Befehl aus dem Menue **Other**, das Sie mit [F4] aufrufen. Nach [ENTER] ist der Befehl kopiert. Eine weitere Möglichkeit stellt die Benutzung der [STO▸]–Taste dar.

[F2][ENTER]◯◯
[ENTER][=][X][×]
dm
[,][X][)]
[ENTER]



Die Tastenfolge gilt für die letzte Zeile! Achtung: Das Multiplikationszeichen zwischen x und Maßeinheit muß eingegeben werden.

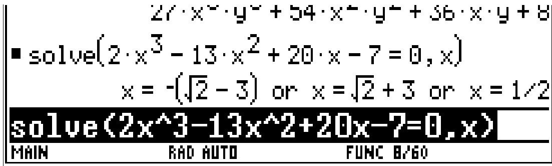
Das Algebra Menü

solve(), csolve()

Wir haben gerade gesehen, wie der „expand“-Befehl Rechnungen schnell erledigt. Damit sind die Algebra-Fähigkeiten aber noch längst nicht erschöpft. Drücken Sie wieder die [F2]-Taste. Das Untermenü mit 11 algebraischen Funktionen erscheint.

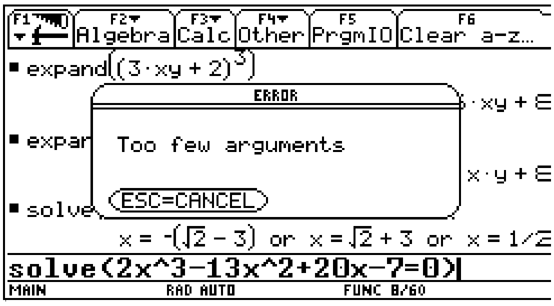
Zuerst lösen wir die Gleichung $2x^3-13x^2+20x-7 = 0$. Mal ganz ehrlich: wissen Sie im Moment, wie man die Lösung findet? Mit den TI-92 geht es ganz einfach :

[F2][ENTER]2x^3-13x^2+20x-7=0,x[)][ENTER]



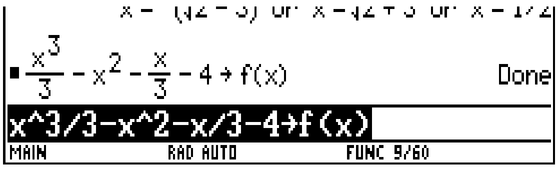
Beachten Sie, daß Sie angeben müssen, nach welcher Variablen die Gleichung aufgelöst werden soll. Geben sie nur „**solve(** $2x^3-13x^2+20x-7 = 0$)“ ein, erhalten Sie die Fehlermeldung: „Too few Arguments“.

[◀][←][ENTER]



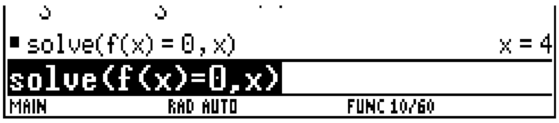
Im weiteren werde ich den kubischen Term $x^3/3 - x^2-x/3-4$ für einige Beispiele benutzen. Um dabei Schreibarbeit zu sparen, speichern wir ihn als Funktion ab:

... [-][4][STO▸] f (x)[ENTER]



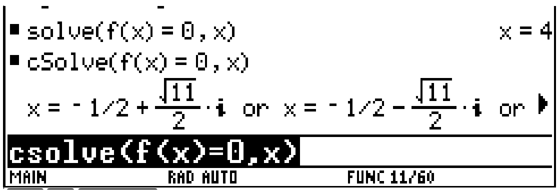
Wir bestimmen die Nullstellen: d.h. wir lösen die Gleichung $x^3/3 - x^2-x/3-4=0$. Der TI-92 liefert nur die Lösung „x=4“. Wir vermuten, daß die beiden anderen Lösungen komplex sind.

[F2][ENTER]f(x) =0, x [)][ENTER]



Auch diese erhalten wir quasi auf Knopfdruck: In der Eingabezeile ändern wir „solve“ in „**csolve**“ und sind schon fertig: Die Funktion „csolve“ finden Sie auch im Algebra-(A:Complex) Menü.

[2nd][◀][C] [ENTER] oder [F2][A][1][ENTER] f(x) =0,x[)][ENTER]

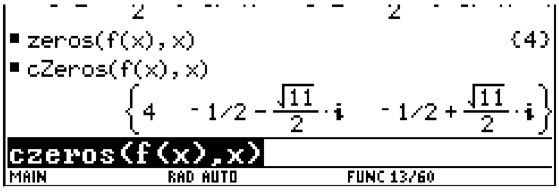


Der kleine Pfeil am Ende der Ergebniszeile zeigt an, daß das Ergebnis nicht in diese hineinpaßt. Mit dem Cursor können Sie sich den Rest anzeigen lassen.

zeros(), czeros()

Die beiden Funktionen „**zeros(**“ und „**czeros(**“ liefern eine andere Möglichkeit, die Nullstellen zu berechnen

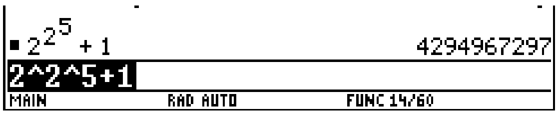
[F2][4]f(x),x[)] und [F2][A][3]f(x),x[)]
[F2][A][ENTER]



factor(), cfactor()

Der zweite Punkt des Algebra-Menüs lautet „**factor**“ . Bestimmen Sie doch einmal die Teiler der fünften FERMATschen Zahl F_5 = 2^(2^5)+1 = 4294967297 oder die der 15-stelligen Zahl 294 008 772 428 192 664:

[2][^][2][^][5][+][1][ENTER]



Hier kann man aber auch erkennen, daß der TI-92 Grenzen hat. Es ist bekannt, daß die Fermat-Zahlen F_5 bis F_{16} keine Primzahlen sind. Versuchen Sie dies z.B. für F_{10} und F_{13} zu überprüfen!

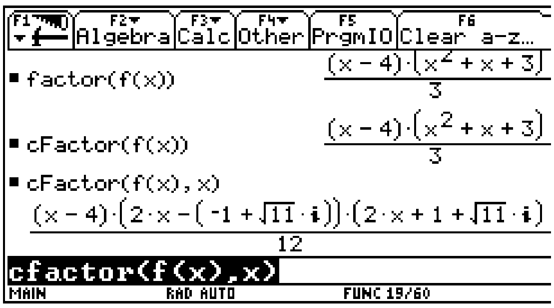
[F2][2][2][^][2][^][5][+][1][)][ENTER]
[F2][A][ENTER]

Symbolisches Rechnen

Die eigentliche Stärke des Gerätes liegt aber nicht im numerischen, sondern im symbolischen Rechnen. Versuchen wir doch einmal, die oben definierte Funktion zu faktorisieren. Faktorisieren wir im Komplexen (**cfactor**), so erhalten wir wieder die Funktion als Ergebnis. Geben wir aber an, daß nach der Variablen x faktorisiert werden soll, wird der Term vollständig zerlegt.

[F2][2] f(x)[)] [ENTER]

[F2][A][2]f(x)[)] [ENTER]
[F2][A][2]f



Da man seit Gauß weiß, daß sich für Gleichungen ab dem 5. Grad keine allg. Lösungsverfahren angeben lassen, ist klar, daß auch der TI-92 hier nicht mehr weiter weiß, aber i.d.R immerhin Nährerungen findet.

approx()

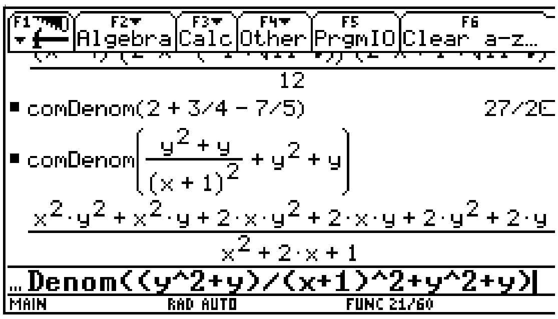
Der Sinn der 5.Funktion im Algebra-Menü „**approx**“ dürfte klar sein. Ich empfehle hier aber statt dessen die Tastenkombination [♦][ENTER].

comDenom()

Punkt 6 des Algebra-Menüs „**comDenom**(“ steht für common Denominator , gemeinsamer Nenner. Diese Funktion gibt einen gekürzten Quotienten eines vollständig entwickelten Zählers über einem vollständig entwickelten Nenner zurück.

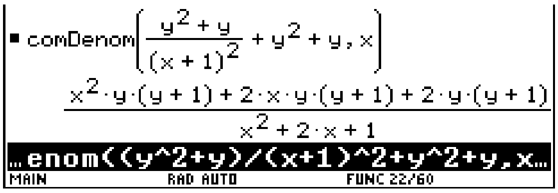
Geben Sie bitte die erste Zeile noch einmal ohne comDenom ein!

F2 6 2+...) ENTER

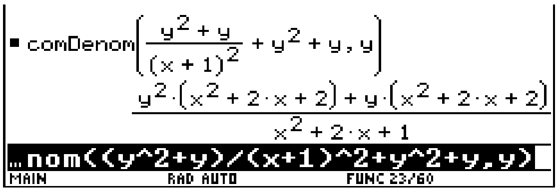


Sie können angeben, bezüglich welcher Variablen entwickelt werden soll. Beachten Sie die Beispiele.

2nd ◄ C ENTER oder F2 A 1 ENTER f(x) =0,**x**) ENTER



2nd ◄ C ENTER oder F2 A 1 ENTER f(x) =0,**y**) ENTER

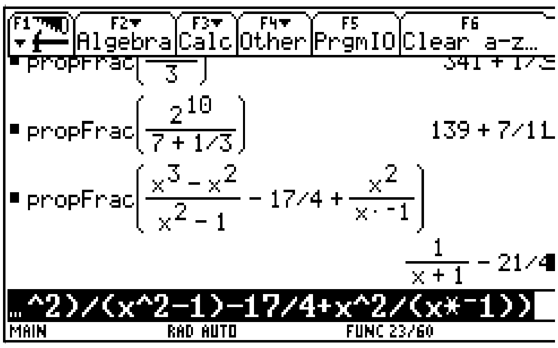


propFrac()

Die 7. Funktion „**propFrac**“ des Algebra-Menüs ist die Umkehrung hierzu. Eine rationale Zahl wird ggf. in eine gemischte Zahl zerlegt.

Bei rationalen Termen wird das Ergebnis wie bei einer Polynomdivision angegeben - allerdings gekürzt.

F2 7 2+...) ENTER



nsolve()

Mit der 8. Funktion „**nsolve**“ lassen sich Näherungslösungen von Gleichungen bestimmen. Diese Funktion ist oft schneller als „solve“

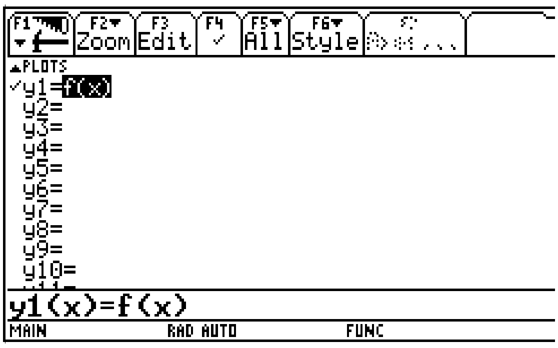
Zu den weiteren Funktionen des Algebra-Menüs verweise ich auf das Handbuch. Das Handbuch zum TI-92 ist im übrigen deutlich besser als viele Handbücher zu Computer-Programmen. Es ist allerdings Hand- nicht Lehrbuch

Insbesondere sei auf den Anhang A : TI-92 Funktionen und Anwendungen hingewiesen. Da die verwendeten Bezeichnungen aus dem Amerikanischen stammen, empfehle ich Ihnen vor allem die Übersichten auf den Seiten 374-376. (Manchmal rutscht dann der Groschen)

Graphik und Wertetabellen

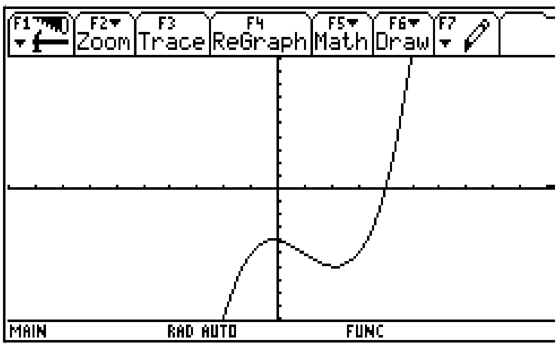
Wir haben oben eine Funktion f(x) definiert. Nun wollen wir uns den zugehörigen Graphen ansehen. Dazu rufen wir zuerst mit [◆]W den [Y=]-Bildschirm auf. In die Eingabezeile geben wir die Funktion ein. Da wir sie schon definiert haben, reicht es, f(x) einzugeben; alternativ können wir auch im [HOME]-Schirm den Term $x^3/3 - x^2-x/3-4$ markieren, mit [◆][C] in die Zwischenablage kopieren und im [Y=]-Schirm mit [◆][V] einfügen, oder den ganzen Funktionsterm im [Y=]-Editor eingeben.

[◆]W f(x)
[ENTER]



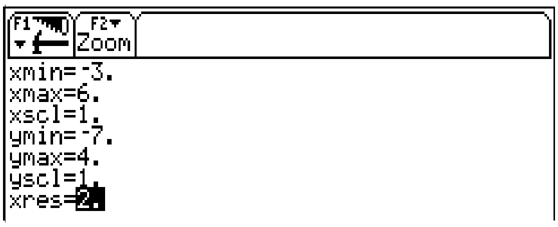
Wechseln Sie mit [◆]R (= [GRAPH]) zum Graphik-Schirm. Nach einer kleinen Denkpause (BUSY rechts unten!) erscheint der Graph der Funktion. So wie er jetzt dargestellt ist, gefällt uns der Ausschnitt nicht, also ändern wir ihn.

[◆] R



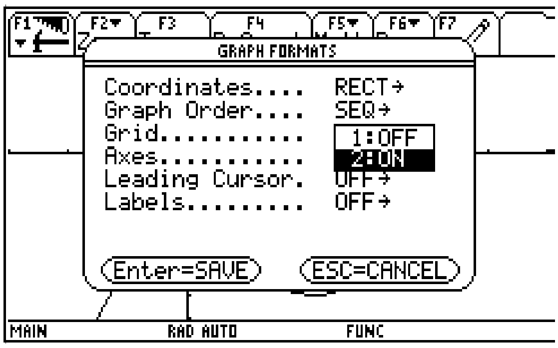
Mit [◆]E (=[WINDOW]) wechseln wir wieder das Fenster. xmin, xmax, ymin, ymax legen die Grenzen des Fensters fest, xscl,yscl den Teilstrichabstand auf den Achsen, xres bestimmt die Pixel-Auflösung entlang der x-Achse (bei 1 wird der Funktionswert für jedes, bei 10 nur für jedes 10. Pixel entlang der x-Achse berechnet. Die Voreinstellung 2 ist m.E. sinnvoll, wenn es schneller gehen soll, nehme ich 5, bei 10 wird der Graph reichlich eckig). Wir wählen jetzt x von –3 bis 6, y von –7 bis 4 und rufen wieder mit [◆]R den Graphik-Schirm auf.

[◆]E f(x)
[ENTER]
<Eingaben>

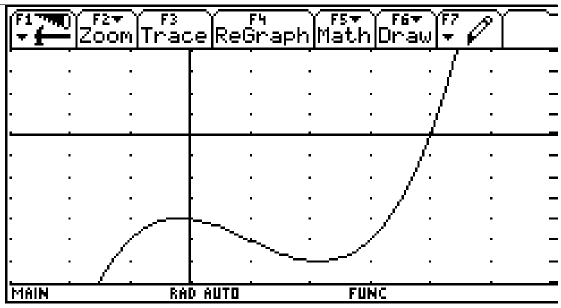


Wir lassen den Bildschirm noch mit einem Raster unterlegen; Dazu rufen wir im Graphikschirm mit [F1] den „Werkzeugkasten“ auf und wechseln mit dem Menüpunkt 9 zu Format , wo wir „Grid“ auf „ON“ stellen.

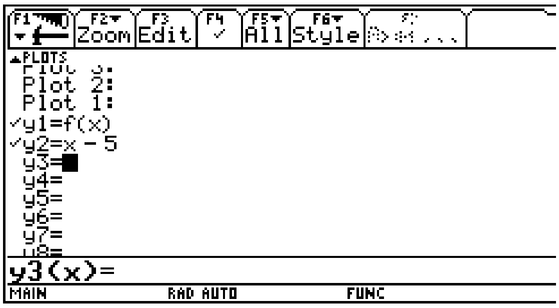
[F1][9]⌄⌄› [2][ENTER]



Zurück auf dem Graphik-Schirm erhalten wir den Graphen in einer informativeren Darstellung.

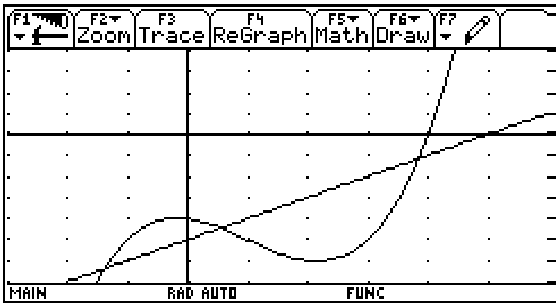


Wir definieren nun im Y=Editor eine weitere Funktion:

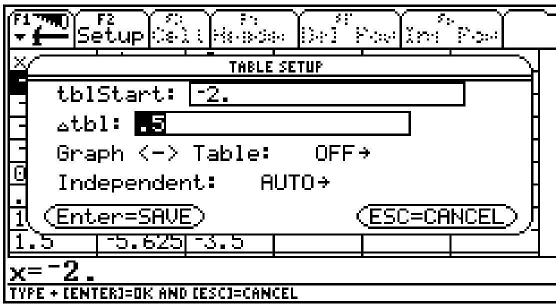


Die Haken vor y1 und y2 bedeuten, daß diese Funktionen im Graphik-Schirm dargestellt werden. Mit der [F4] -Taste läßt sich dieser Haken setzten bzw. entfernen.

Das Ergebnis:



Zu einer Funktion gehört untrennbar die Wertetabelle. Diese werden wir nun auf dem Bildschirm holen: Mit [♦]T ([TblSet]) können wir die notwendigen Einstellungen vornehmen:

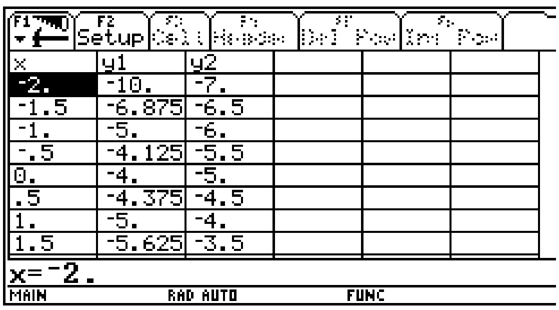


tblStart : der erste x-Wert der Tabelle

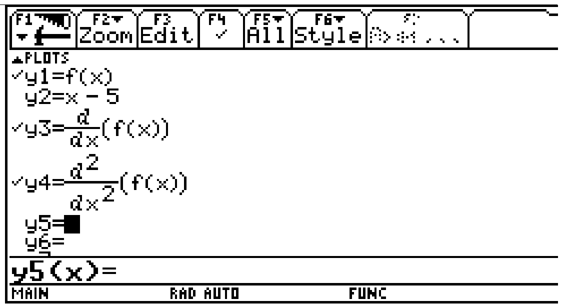
Δtbl : Differenz der aufzulisteten x-Werte

Graph <-> Table : Bei OFF werden die in tblStart und Δtbl gesetzten Werte benutzt, bei ON werden diese an die eingestellten Fensterparameter angepaßt (vgl. Handbuch Seite 70)

Independent : AUTO : Einstellungen werden durch tblStart, Δtbl und Graph <-> Table bestimmt; ASK : Sie können gleich in der Tabelle einzelne x-Werte manuell eingeben.

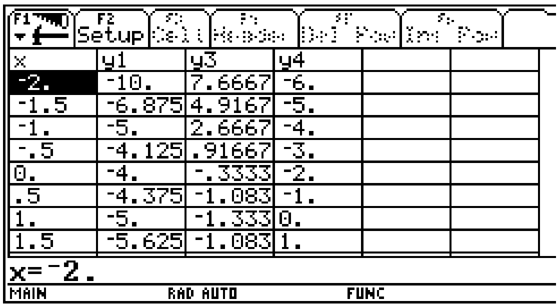


Stellen Sie bitte die Werte wie angegeben (-2 / 0.5 / OFF / AUTO) ein : Mit [ENTER] gelangen Sie wieder zum vorherigen Schirm und mit [♦]Y ([TABLE]) erhalten Sie die Wertetabelle



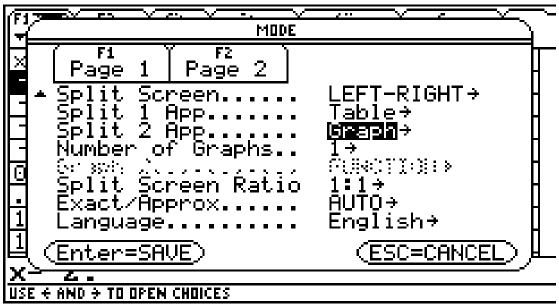
Im [Y=]-Editor tragen wir die erste und zweite Ableitung der Funktion als y3 bzw. y4 ein. Um die 2.Ableitung zu bekommen, geben Sie bitte ein : [2nd][8]f(x),x,2[)] ; der letzte Parameter (2) gibt den Grad der Ableitung an; ohne ihn wird die erste Ableitung berechnet.

Die Gerade zu y2 blenden wir mit [F4] aus (erkennbar am fehlenden Häkchen)



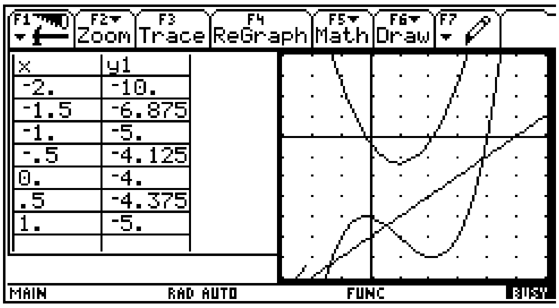
Ein Wechsel zur Tabelle ([◆]Y = [TABLE] liefert uns die Wertetabellen.

Beachten Sie, daß auch hier y2 nicht mehr dargestellt ist.



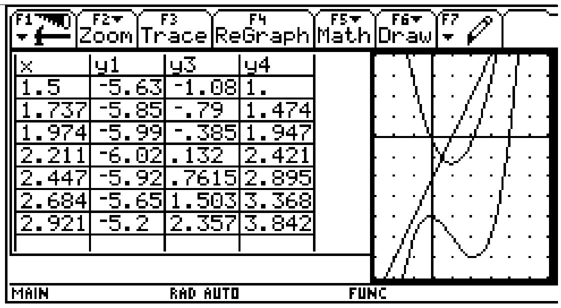
Bevor wir jetzt mit [TABLE] / [GRAPH] zwischen den betreffenden Schirmen hin- und herspringen, teilen wir den Bildschirm:

im [MODE]-Menü gibt es auf der zweiten Seite (entweder [F2] oder entsprechend oft ⬇) ein Einstellungsfeld SPLIT-SCREEN . Wir entscheiden uns für LEFT-RIGHT und Table für den linken, sowie Graph für den rechten Teil.



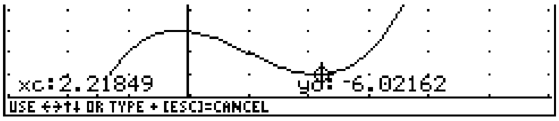
Nach zweimal [ENTER] erscheint das–erstmal enttäuschende - Ergebnis. Im Graphik-Feld sehen Sie nur ein Koordinatensystem. Damit die Graphen gezeichnet werden, müssen Sie einmal zur rechten Seite wechseln. Über der [APPS]-Taste steht das gelbe [⊞]-Symbol (also [2nd][APPS]) zum Wechseln des aktiven Schirms. Dieser Wechsel ist auch immer nötig, wenn Sie irgendwelche Operationen in der betreffenden Hälfte ausführen möchten,. So können Sie wieder zur Tabelle wechseln und mit ➡ die Werte für die erste bzw. zweite Ableitung anzeigen lassen. Mit den fünf „grünen" Funktionen der obersten Tastenreihe wechseln Sie jeweils für den aktiven Schirm die Anwendung, der andere Teil bleibt wie er ist.

Es ist aber auch möglich, das Teilverhältnis zu ändern. Gehen Sie bitte noch einmal im [MODE]-Menü auf die zweite Seite. Ich hatte „Split Screen Ratio" auf „1:1" gelassen. Probieren Sie einmal die Möglichkeiten „1:2" und „2:1" aus. Nun sehen Sie alle drei Spalten. Dafür ist der Graph aber doch kräftig geschrumpft.

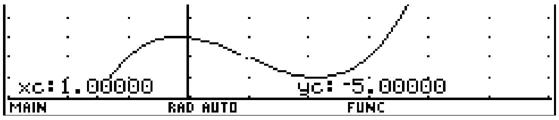

F1
F2 Zoom
F3 Trace
F4 ReGraph
F5 Math
F6 Draw
F7
x y1 y3 y4
1.5 -5.63 -1.08 1.
1.737 -5.85 -.79 1.474
1.974 -5.99 -.385 1.947
2.211 -6.02 .132 2.421
2.447 -5.92 .7615 2.895
2.684 -5.65 1.503 3.368
2.921 -5.2 2.357 3.842
MAIN
RAD AUTO
FUNC

Arbeiten im Graphik-Bildschirm

Zuerst entfernen wir im [Y=]-Editor die Häkchen vor y3 und y4 .



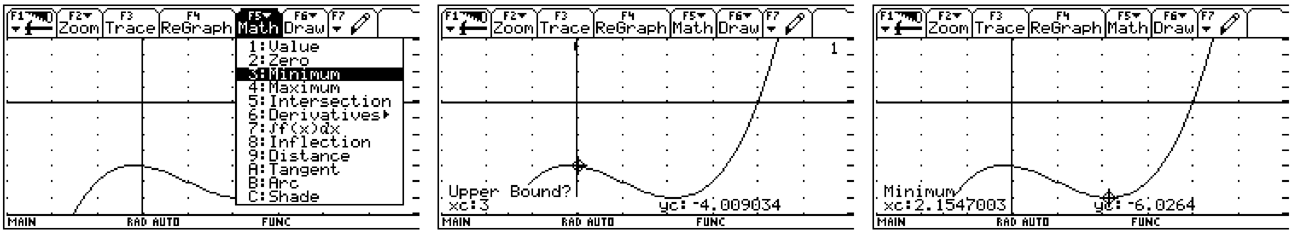
Der Memü-Punkt [F3] lautet „**Trace**". Drücken Sie die Taste! Auf dem Graphen erscheint ein kleines blinkenden Fadenkreuz und unten auf dem Bildschirm werden die Koordinaten dieses Punktes ausgegeben. Mit dem Cursorkreuz läßt sich die Markierung nach rechts bzw. links verschieben (⌃ und ⌄ haben keine Wirkung). Die Angabe der Koordinaten wird laufend aktualisiert. (Unterrichtliche Veranschaulichung der Begriffe Minimum, Maximum ?). Sie können aber auch den Abzissenwert direkt über die Tastatur eingeben. Nach Betätigung der [ENTER]-Taste springt das Fadenkreuz an die entsprechende Stelle. Mit [ESC] läßt es sich übrigens entfernen.



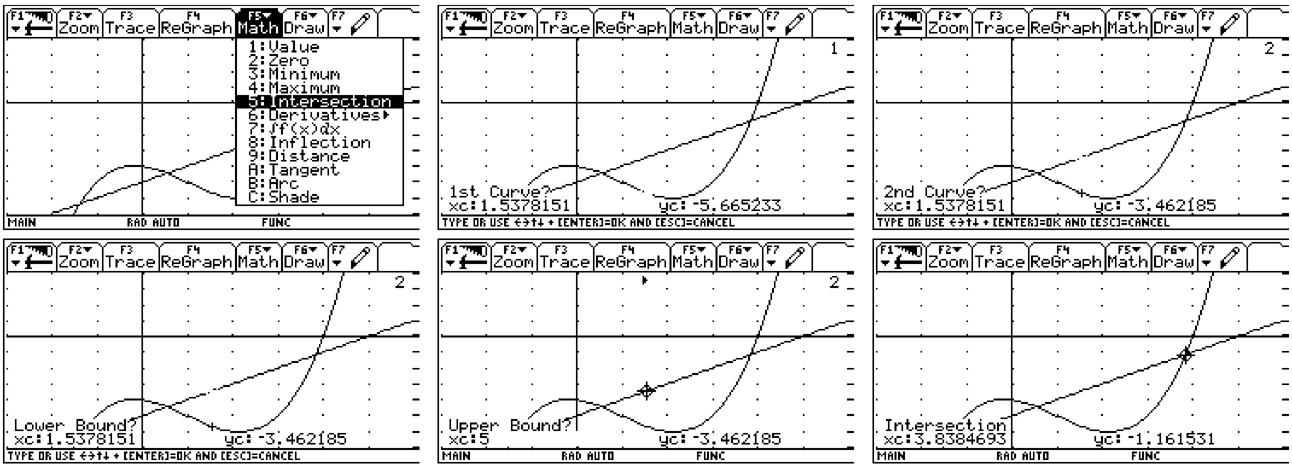
Der Menüpunkt [F4] „**ReGraph**" dient zum Neuzeichnen des Graphen. Die Menüpunkte [F6] „**Draw**" und [F7] (Zeichnen) werde ich hier übergehen. Bei Bedarf sehen Sie bitte im Handbuch auf den Seiten 270 ff. und 392 ff. nach. (Vielleicht läßt sich mit DrawInv im Unterricht etwas anfangen?)

Nun aktivieren Sie im [Y=]-Editor bitte wieder die Gerade zu y2, kehren in den [GRAPH]-Schirm zurück und wählen das [F5]-Menü (**Math**) an.

Zuerst lassen wir das Minimum suchen. Nach Bestimmung von Lower and Upper Bound zeigt das Fadenkreuz das Minimum an. Die Näherungswerte der Koodinaten werden ausgegeben. Die abgefragten Werte können Sie durch Verschieben des Kreuzes oder mit der Tastatur bestimmen.

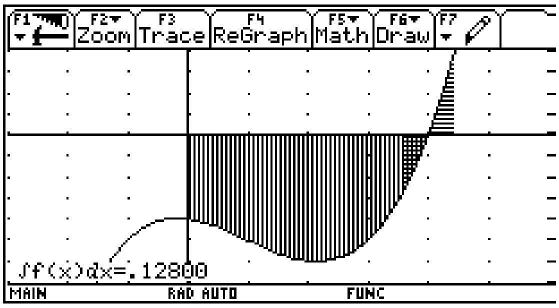


Im 5. Unterpunkt „**Intersection**" lassen sich die Schnittpunkte zweier Graphen bestimmen. Nach Abfrage der Kurven und der Grenzen des Suchintervalls erscheint die Lösung.

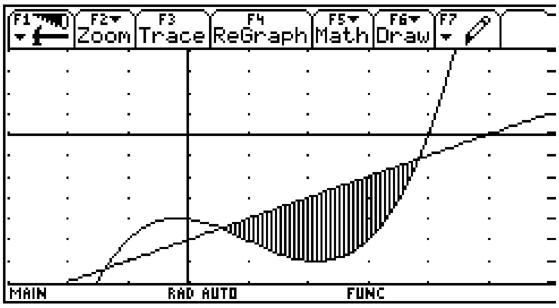


Tangenten

Im Punkt 6 „**Derivates**“ lassen sich die Werte der Ableitung verfolgen, mit A „**Tangent**“ kann man die Tangenten in vorgegebenen Punkten zeichnen lassen. Mit 8 „Inflection“ sucht man den Wendepunkt, mit 9 „Distance“ erhält man den Abstand zwischen zwei Punkten des Graphen . Ob man dies alles brauchen kann? Ableitungswerte holt man sich aus der Wertetabelle. Die Wendestelle merkt sich das Programm nicht; ruft man danach Punkt A auf ist die obere Grenze der Wendepunktssuche Vorgabe; Wozu braucht man diese Abstände ?



Interessanter ist der Punkt 7 „**Integral**“. Zwar lassen sich die Werte auch im [HOME]-Screen berechnen, doch ist die hier vorhandene Visualisierung mit Sicherheit oft hilfreich. Im nebenstehenden Beispiel habe ich zuerst das Integral von 0 bis 4 , danach das von 3,6 bis 4,4 bestimmen lassen. Der Rechner schraffiert die zugehörigen Flächen auf verschiedene Weise. Es stehen vier Schattierungsarten zur Verfügung.



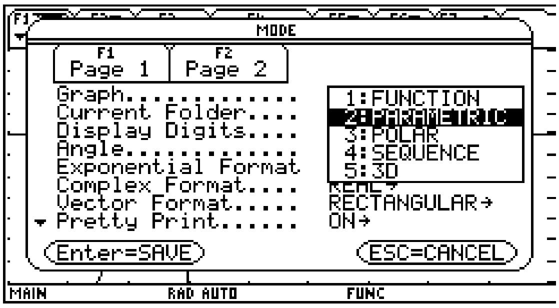
In Punkt C „**Shade**“ kann man insbesondere Flächen zwischen verschiedenen Kurven schattieren.

Weitere Graphik-Möglichkeiten

Neben der graphischen Darstellung von Funktionen einer Variablen beherrscht der TI-92 auch das Zeichnen parametrischer Funktionen, Folgen , Funktionen von zwei Variablen und die Ausgabe in Polarkoordinaten.

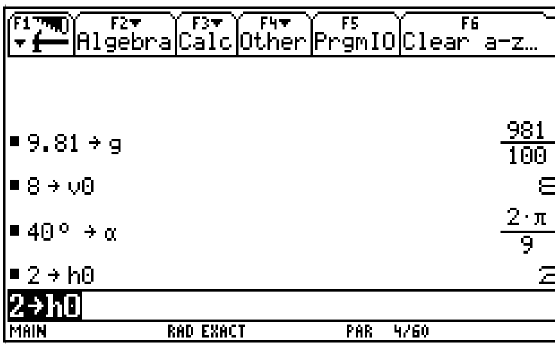
Parameterdarstellungen

Wählen Sie den zweiten Punkt „PARAMETRIC“ im Unterpunkt „Graph“ des [MODE]-Screen.

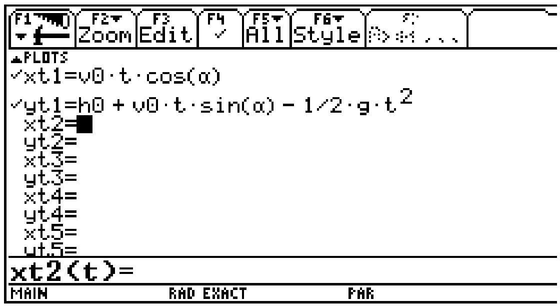


Wir behandeln einen schiefen Wurf. Eine Kugel werde mit der Anfangsgeschindigkeit 8 m/s aus 2m Höhe und dem Abwurfwinkel 40° gestoßen. Im [HOME]-Screen definieren wir die Anfangswerte und die Erdbeschleunigung.

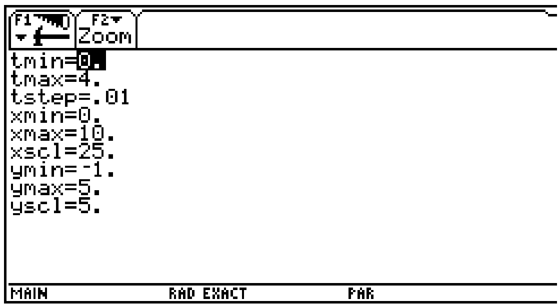
....
40[2nd]D[STO▸]
[2nd] GA [ENTER]
....



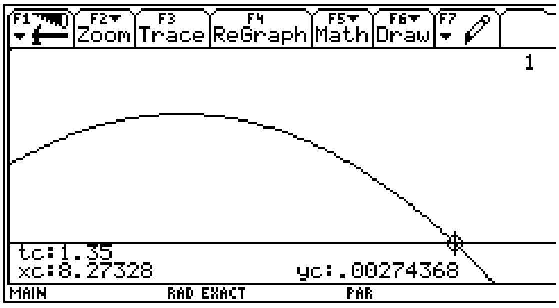
Die Parameterdarstellung der Wurfparabel geben wir im [Y=]-Schirm ein.



Im [WINDOW]-Schirm tragen wir passende Einstellungen ein



Das Ergebnis wird im [GRAPH]-Screen betrachtet. Zusätzlich können wir wieder mit der Trace-Funktion den Weg der Kugel verfolgen und die Stoßweite ermitteln. Im weiteren könnte man im [HOME]-Schirm die Anfangsbedingungen ändern, um sich z.B. dem optimalen Abwurfwinkel zu nähern.



Bemerkung: Ich habe in der Oberprima eine vollständige Kurvendiskussion der Kardioide

$$x = r\,(\,2 \cos t - \cos 2\,t\,)$$

$$y = r\,(\,2 \sin t - \sin 2\,t\,)$$

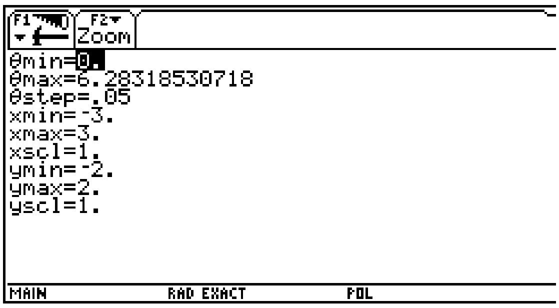
anfertigen müssen.

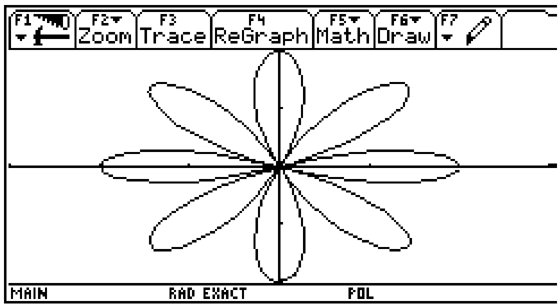
Polardarstellung

Wählen Sie den dritten Punkt „POLAR“ im Unterpunkt „Graph“ des [MODE]-Screen (vgl. letzte Seite) . Die Gleichung

$$r1 = 2 \bullet \cos(4 \bullet \theta)$$

wird im [Y=]-Schirm eingegeben. Beachten Sie, daß jetzt r die abhängige und θ die unabhängige Variable ist. Im [WINDOW]-Schirm sind noch geeignete Werte einzutragen und dann können wir uns das Bild ansehen



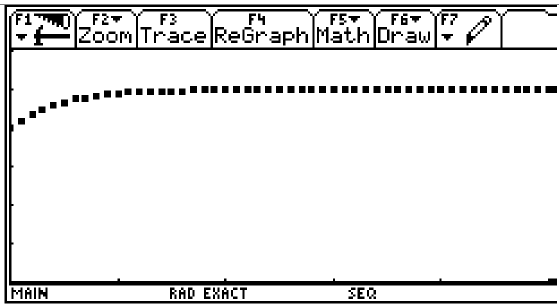


Probieren Sie nun bitte einmal im [WINDOW]-Schirm verschiedene Werte für θStep (z.B. 0.01; 0.25; 0.5)

Graphische Darstellung von Folgen

Die vierte Option im m Unterpunkt „Graph“ des [MODE]-Screen ist „SEQUENCE“.

Hierzu sehen wir uns zuerst einfach einmal das Beispiel im Handbuch (Seite 234 / 235) an.


F1
F2
Zoom
F3
Trace
F4
ReGraph
F5
Math
F6
Draw
F7
MAIN
RAD EXACT
SEQ

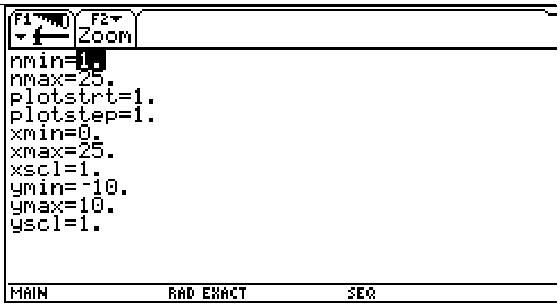
Zur Untersuchung der Konvergenz gibt es eine andere Möglichkeit : Web-Plots.

Definieren Sie im [Y=]-Screen die Folge

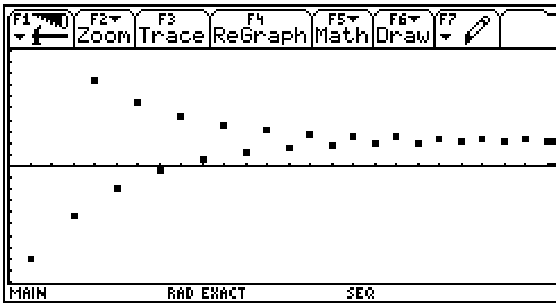
u1(x) = **-** 0.8 • u1(n-1) + 4

und wählen Sie den Anfangswert ui1 = –8.

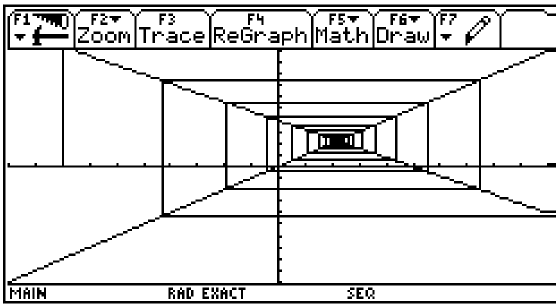
Im [WINDOW]-Schirm stellen sie die nebenstehenden Fenstervariablen ein.



Dann plotten Sie die Folge im [GRAPH]-Schirm. Für Folgen ist ([Y=][F6]) „SQUARE“ voreingestellt. Die anderen Optionen geben auch wenig Sinn, außer „DOT“ für eine zweite Folge.



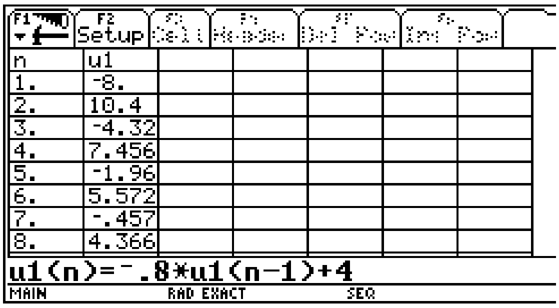
Nun ändern Sie bitte im [Y=]-Editor , [F7] Axes auf „WEB“ und dann Build Web auf „AUTO“. Im [WINDOW]-Fenster ändern Sie xmin auf –10 und xmax auf +10



Im [GRAPH]-Schirm erhalten wir folgende Darstellung. Es lohnt sich, die Darstellung mehrfach mit [F4] zeichnen zu lassen. Einen Trick, um den Aufbau der Zeichnung zu verlangsamen, kenne ich noch nicht. Wenn Sie aber Build Web auf „TRACE“ stellen, können Sie nach dem Zeichnen der Geraden mit [F3] in den Trace-Modus gehen und dann mit jedem Drücken der Rechts-Taste ⊙ das nächste Folgenelement darstellen. In der „AUTO“-Einstellung läßt sich die Folge nachträglich mit[F3]“TRACE“ auch ganz gut verfolgen, wobei die angezeigten xc und yc-Werte für u(n-1) bzw. u(n) sind.

Ändern Sie nun in der Definition der Folge -0.8 in -0.9 bzw. -0.95 (bei letzterem sollten Sie auch in [WINDOW] nmax einmal auf mindestens 50 setzen). Mit –1.1 als Faktor und z.B. 0,3 als Anfangswert erhalten Sie eine divergente Folge.

Sie können sich die Folgenwerte übrigens mit [TABLE] ansehen:



n	u1
1.	-8.
2.	10.4
3.	-4.32
4.	7.456
5.	-1.96
6.	5.572
7.	-.457
8.	4.366

u1(n)=-.8*u1(n-1)+4

MAIN RAD EXACT SEQ

3D-Graphen

Funktionen von zwei Variablen treten im schulischen Unterricht bestenfalls als Kurvenscharen auf - weil sie sich so schlecht veranschaulichen lassen. Hier kann der TI-92 eventuell helfen. Ob seine Graphik-Fähigkeiten ausreichen, oder ob man mindestens parallelen mit DERIVE oder einem anderen CAS arbeiten sollte kann ich nicht beurteilen.

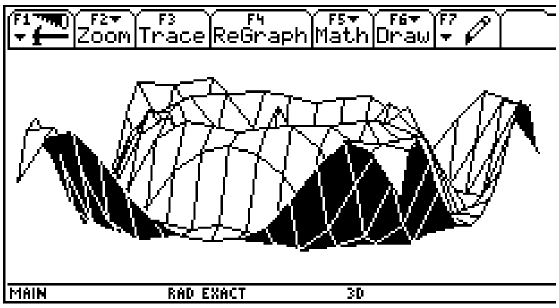
Wir stellen den Rechner mit [MODE] - Graph - 5:3D um. Der [WINDOW]-Editor zeigt nun - falls Sie nicht vorher schon einmal etwas geändert haben - die Standard - Fenstereinstellungen an:

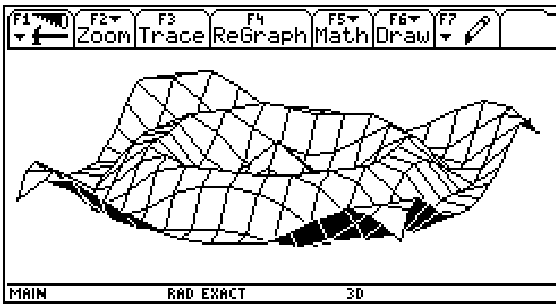
> eyeθ° = 20 Winkel der Blickrichtung zur x-Achse (θ =0 ist der Blick parallel zur x-Achse)
>
> eyeΦ°= 70 (Höhen-)Winkel der Blickrichtung zur z-Achse (Φ=0 ist senkrecht zur xy-Ebene; der Winkel ist wie der Einfallswinkel in der Optik definiert)
>
> xmin,ymin,zmin = -10; xmax, ymax, zmax = 10 (selbsterklärend)
>
> xgrid,ygrid = 14 Die Anzahl der zwischen xmin und xmax (Bzw. xmin und ymax) ausgewerteten Koordinaten
>
> zscl Abstand der Markierungen auf der z-Achse

Als Funktion wählen wir die Kreiswelle mit dem Funktionsterm

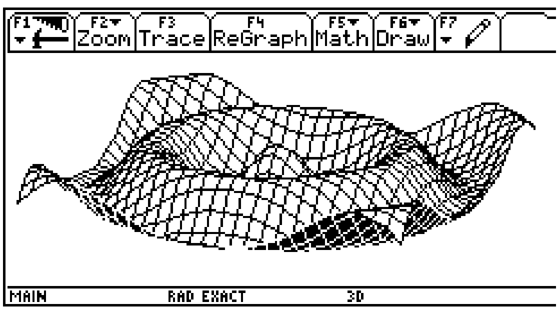
z1(x,y) = 8•cos([√](x^2+y^2))

Der erste Versuch ist noch nicht sehr anschaulich, wir ändern also - wie angegeben - einige Werte:

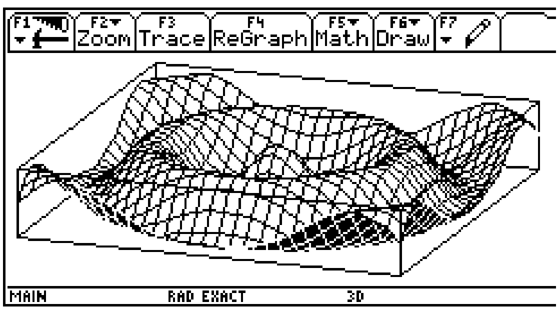




eyeΦ° = 30



xgrid, ygrid = 28



[F1][9]“Format“ „Axes“ „Box“

Analysis

Sie erreichen das „Calculus“-Menü mit [2nd][F5][A] Obwohl Sie es später sicher viel benutzen werden, möchte ich es hier recht kurz abhandeln - die Befehle sprechen für sich Außerdem wird man vieles im Graphik-Modus erledigen.

[*d*]( ) - differentiate

Sie können diese Operation schneller über [2nd][8] erreichen. Die Syntax lautet :

[*d*](Term,Var, [Grad]) , also z.b. d(sin (ln (x^2+1)),x,3)

Beachten Sie, daß der ▶ - Pfeil am Ende der Ausgabe bedeutet, daß es nach rechts noch weitergeht. Geben Sie keinen Grad an, berechnet der TI-92 die erste Ableitung.

[∫] ( ) - integrate

Schneller über [2nd][7] erreichbar. Die Syntax lautet

[∫](Term, Var [unten, oben]) also z.B. [∫](x^2,x,0,4]

Ohne Angabe der Grenzen wird - falls es dem Rechner möglich ist - die Stammfunktion bestimmt. Integrale dürfen geschachtelt werden (Handbuch S.465). Bei Problematischen Integralen sollten Sie die Erläuterungen im Handbuch nachschlagen.

limit ( )

limit (Term, Var, Punkt [Richtung])

liefert den Grenzwert . Wenn Richtung negativ ist bedeutet es die Annäherng von links, bei positiver Richtung von oben; fehlt die Angabe: beide)

[Σ] ( ) sum

Schneller über [2nd][4] erreichbar. Die Syntax lautet

[Σ] (Term , Var, von bis)

Π ( ) (Produkt)

Syntax wie Summe

fmin() , fmax() Siehe Handbuch

arcLen ( )

arcLen(Term, Var, Start, Ende)

liefert Bogenlängen

taylor ( )

taylor (Term, Var, Grad , [Punkt]) Siehe Handbuch

nDerive, nInt

Liefert numerische Werte Siehe Handbuch

Anmerkungen zum Einsatz :

- Dies Papier ist ein - ach wie verpönter - Lehrgang im Knöppchen-Drücken
- Das Vorgehen ist aber offensichlich bei den Teilnehmern „angekommen“
- Zeitaufwand ca. 4 Std. - wenn man öfter sagt : „ Das überspringen wir, sehen Sie es sich zuhause an“ und am Ende kräftig kürzt

noch etwas für die anderen Moderatoren:

Ich hatte kurz vor Weihnachten eine LINK-Liste „TI-92 im Internet“ an alle geschickt, deren email-Adresse in der verschickten Moderatorenliste stand.

Diese Liste werde ich in den nächsten Tagen ergänzen, überarbeiten und wieder verschicken. Falls noch jemand in der Zwischenzeit mit Internet-Anschluß dazugekommen ist, kann er sie bei mir anfordern

hattendorwerdoh@cww.de

Ich werde sie dann per email zuschicken. Sie - auf Papier - zu kopieren halte ich für unsinnig, da jeder, der sie sinnvoll nutzen kann auch einen email - Anschluß hat.

Mit freundlichen Grüßen