



Dynamische Geometrie Cabri - auf dem *TI-92*

Dr. Thomas Himmelbauer

Ein Unterrichtsbehelf zum Einsatz moderner Technologien
im Mathematikunterricht

Inhalt

1	Eulersche Gerade und Feuerbachkreis	4
2	Tangente von einem Punkt an einen Kreis Erstellen eines Makros	21
3	Ellipsenkonstruktion (Brennpunktsdefinition)	28
4	Ellipsenkonstruktion (Leitkreisdefinition)	33
5	Die Kegelschnitte aus der Leitliniendefinition	37
6	Parabelkonstruktionen Brennpunktsdefinition und Graph einer quadratischen Funktion	46
7	Die Graphen von Sinus- und Kosinusfunktion	57

Vorwort

Dieses Skriptum enthält Unterrichtsvorbereitungen und -vorschläge zum Einsatz der dynamischen Geometrie (Cabri Géomètre) des TI-92, TI-92 Plus und TI-89 (als Flashapplikation erwerbbar).

Wenn man die Cabri Geometrie im Unterricht einsetzen will, hat man einige Schwierigkeiten zu bewältigen.

- Das Erlernen der Benutzung der Cabri Geometrie ist schwierig und zeitintensiv.
- Die Schüler vergessen das Handling oft sehr rasch wieder, weil Cabri Geometrie nicht jede Woche im Unterricht verwendet wird.
- Schüler, die den Unterricht versäumt haben, können mit Cabri Geometrie erarbeitete Inhalte nur schwer selbst nachlernen.
- Das Mitschreiben von vorgezeigten Konstruktionsschritten ist sehr aufwendig.
- Von den Schülern wird nur ernstgenommen, was geprüft wird. Um mit Cabri Geometrie erarbeitete Inhalte abprüfen zu können, müssen die Schüler ausführliche Unterlagen zum Lernen besitzen.

Auf der anderen Seite ist das Arbeiten mit dynamischer Geometrie eine echte Bereicherung des Mathematikunterrichts. Mit ihrer Hilfe können viele Einsichten der elementaren und höheren Geometrie gewonnen werden. Ideen zum geometrischen Beweisen werden leichter gefunden, Vermutungen aufgestellt oder bestätigt. Dynamische Geometriesoftware kann der manchmal leider nur mehr im Verborgenen blühenden Geometrie zu neuem Leben verhelfen.

Aus den genannten Gründen habe ich für die Anwendungen der Cabri Geometrie, die ich häufig im Unterricht verwende, Unterlagen erstellt, die jeden Konstruktionsschritt ganz ausführlich beschreiben und jede Veränderung am Bildschirm dokumentieren.

Die genaue Beschreibung findet sich bei jeder Konstruktion, daher ist man nicht gezwungen, das komplette Skriptum durchzuarbeiten, wenn man z.B. gleich Konstruktionen aus späteren Abschnitten nachvollziehen möchte.

Diese Unterlagen können von Schülern zum selbstständigen Erlernen der Inhalte oder zum Wiederholen und Üben vor Prüfungen verwendet werden. Sie sollen aber auch Lehrern dienlich sein, die sich erst mit der Cabri Geometrie vertraut machen wollen.

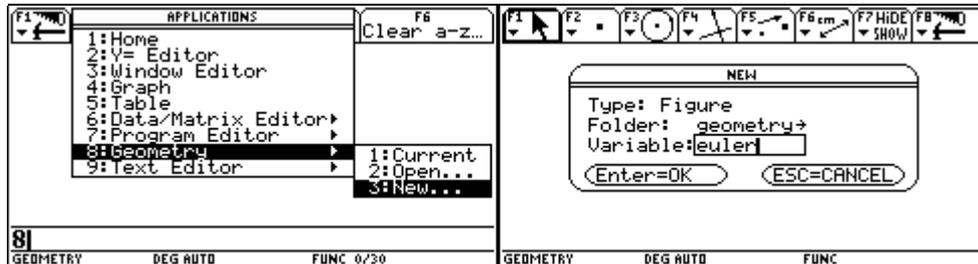
Mein besonderer Dank gilt Josef Böhm für seine Anregungen zum Inhalt und das Erstellen des endgültigen Layouts.

Thomas Himmelbauer

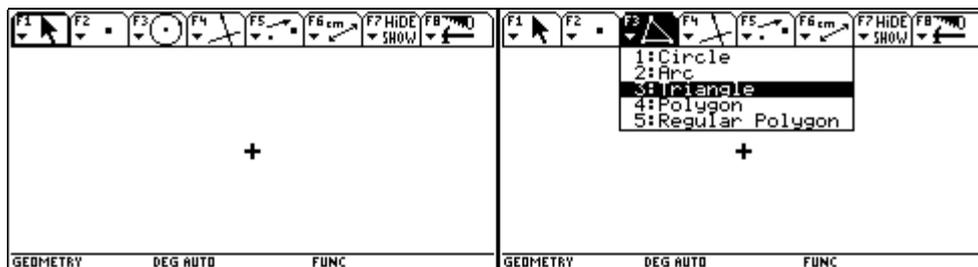
1 Eulersche Gerade und Feuerbachscher Kreis

Wir wollen zeigen, dass Umkreismittelpunkt, Höhenschnittpunkt und Schwerpunkt bei jedem Dreieck auf einer gemeinsamen Geraden - der Eulerschen Geraden - liegen.

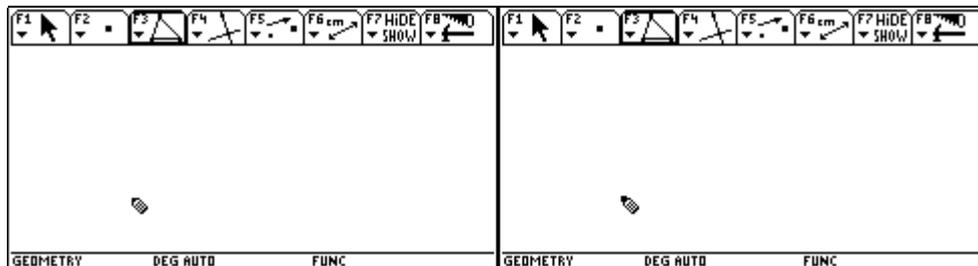
Mit **[APPS]** 8:Geometry 3:New beginnen wir eine neue Geometriesitzung und geben der Zeichnung (Figure) im gewünschten Folder einen Namen, z.B. euler.



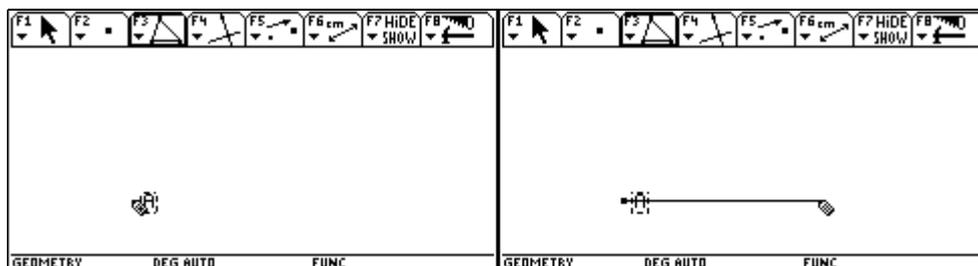
Der Zeichenbildschirm erscheint. Zunächst wollen wir ein Dreieck festlegen. Dazu wählen wir **[F3]** 3:Triangle.



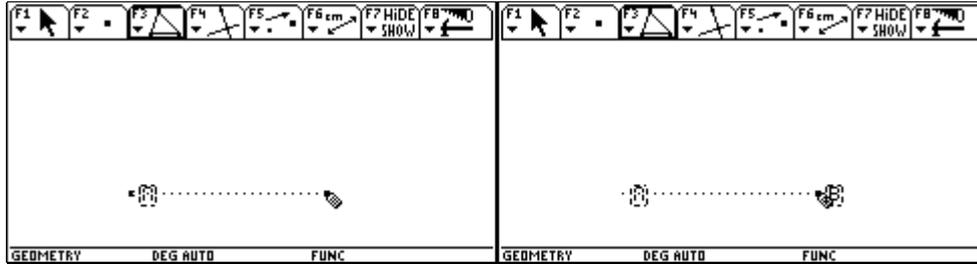
Wir führen den Zeichenstift bis zu der Stelle, wo der Eckpunkt A liegen soll und bestätigen mit **[ENTER]**. Der Punkt erscheint als kleines Quadrat.



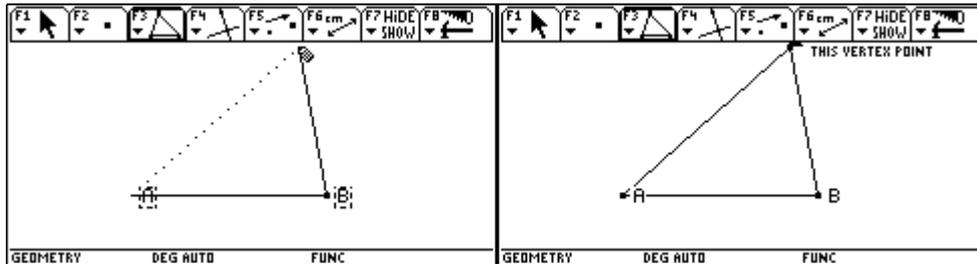
Sofort nach dem **[ENTER]** geben wir mit **[↑][A]** die Bezeichnung des Eckpunktes ein. Danach bewegen wir den Zeichenstift mit dem Cursorpad **[⊕]** zur Position des 2. Eckpunktes.



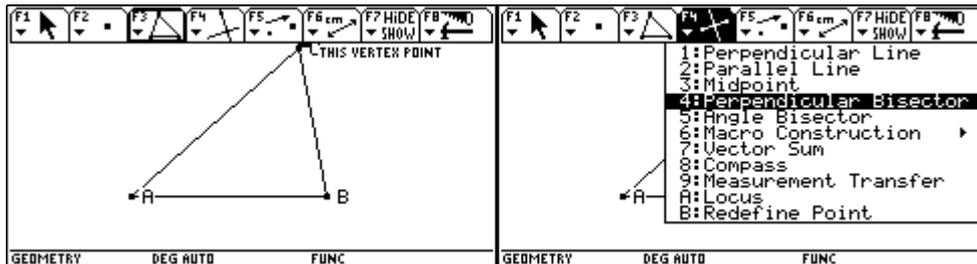
Wir bestätigen mit **[ENTER]**, der Punkt erscheint und wir bezeichnen ihn sofort mit **[↑][B]**.



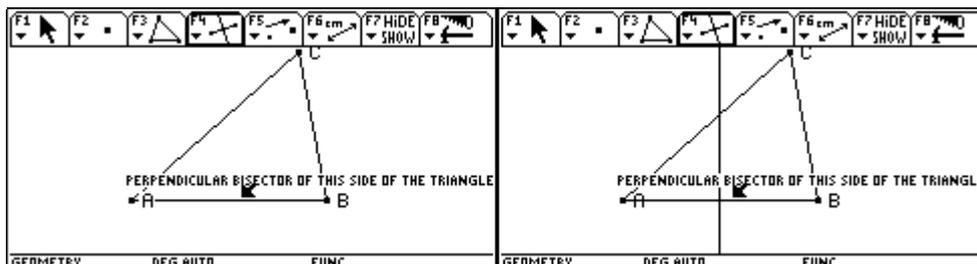
Abschließend führen wir den Zeichenstift mit dem **⊕** zur Position des Eckpunktes C und bestätigen erneut mit **[ENTER]**.



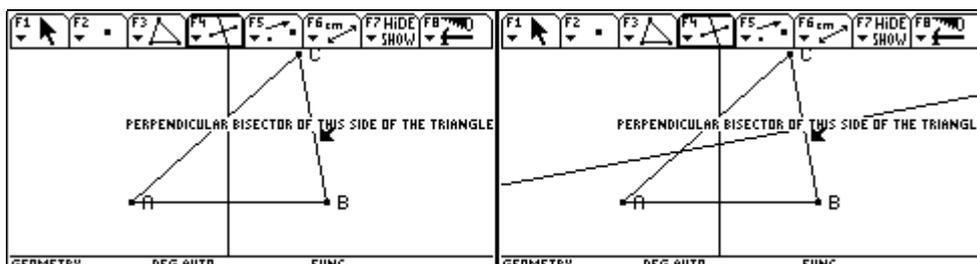
Unmittelbar danach bezeichnen wir sofort mit **[↑][C]**. Wir suchen den Umkreismittelpunkt des Dreiecks. Wir wählen **[F4]** 4: Perpendicular Bisector (= Streckensymmetrale).



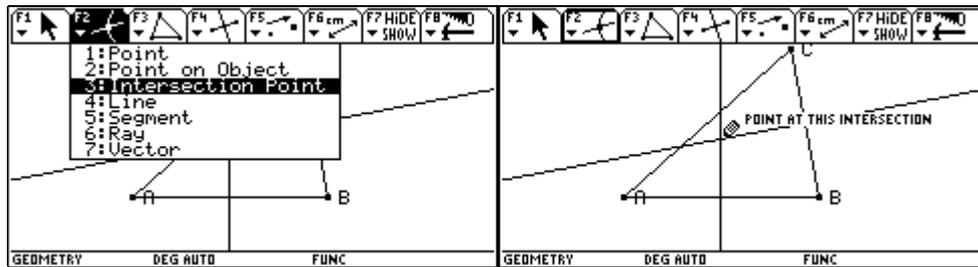
Wir führen den Pfeil zur Seite $c = AB$, bis der Text PERPENDICULAR BISECTOR OF THIS SIDE OF THE TRIANGLE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Die Streckensymmetrale der Seite c wird gezeichnet.



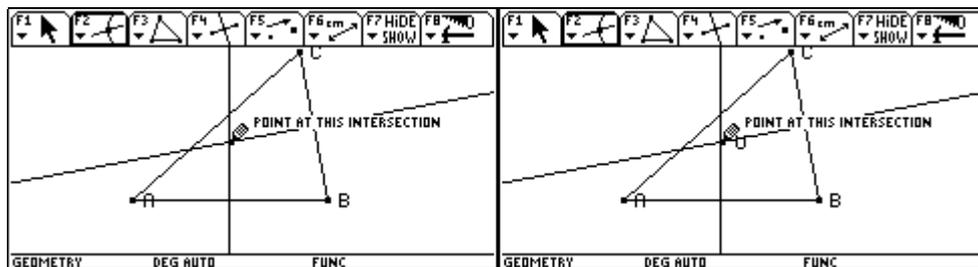
Dann führen wir den Pfeil zur Seite a , bis wiederum der Text PERPENDICULAR BISECTOR OF THIS SIDE OF THE TRIANGLE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Die Streckensymmetrale der Seite a wird gezeichnet.



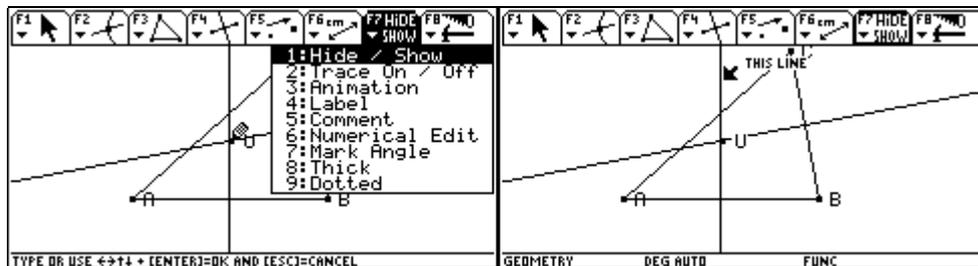
Wir wählen **[F2]** 3:Intersection Point, um den Schnittpunkt der beiden Streckensymmetralen zu bestimmen. Wir führen den Pfeil mit dem **⊕** zum Schnittpunkt, bis der Hinweistext POINT AT THIS INTERSECTION erscheint.



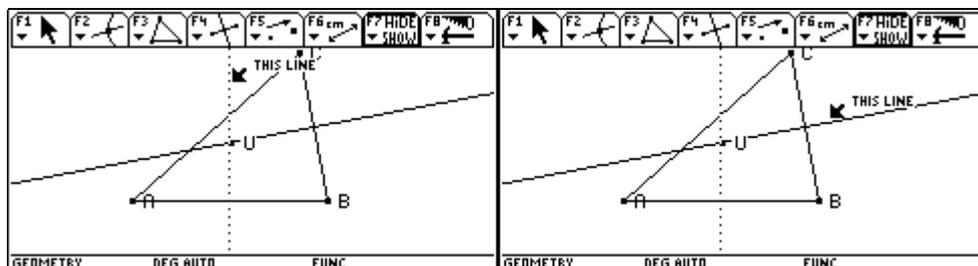
Wir bestätigen mit **[ENTER]** und der Schnittpunkt wird ausgezeichnet. Sofort danach beschriften wir diesen mit **[↑]** (U).



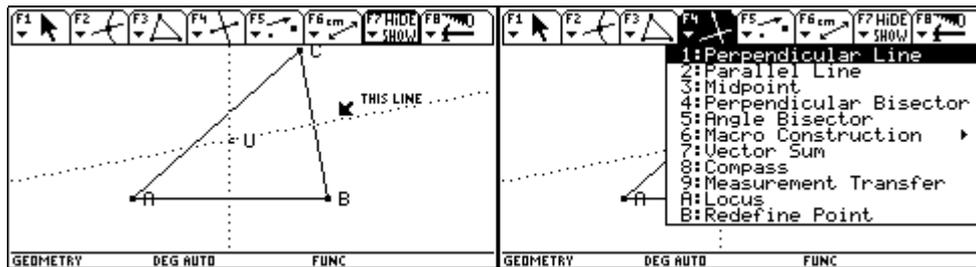
Für die weitere Konstruktion ist es übersichtlicher, die Streckensymmetrale auszublenden. Dazu wählen wir im Menü **[F7]** 1:Hide/Show und führen den Pfeil zur Streckensymmetrale der Seite c, bis der Text THIS LINE erscheint.



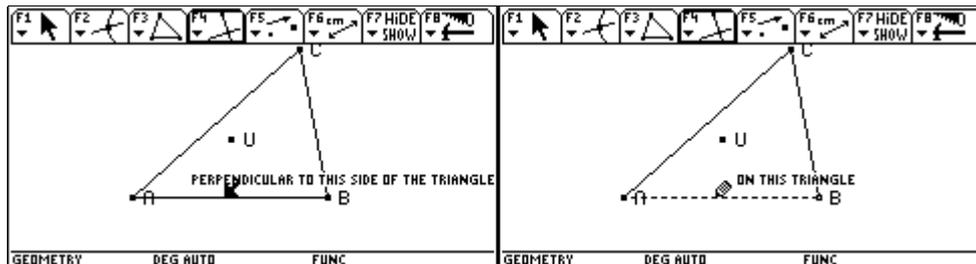
Wir bestätigen mit **[ENTER]** und die Streckensymmetrale wird punktiert dargestellt. Dann führen wir den Pfeil zur Streckensymmetrale der Seite a, bis ebenfalls der Text THIS LINE eingeblendet wird.



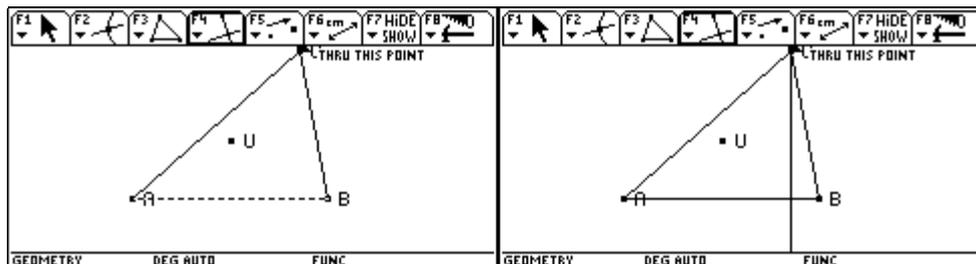
Wir bestätigen mit **[ENTER]** und auch diese Streckensymmetrale wird nun punktiert dargestellt. Damit werden diese beiden Geraden in Zukunft nicht mehr sichtbar dargestellt. Es soll nun der Höhenschnittpunkt H konstruiert werden. Wir wählen **[F4]** 1:Perpendicular Line (= normale Gerade).



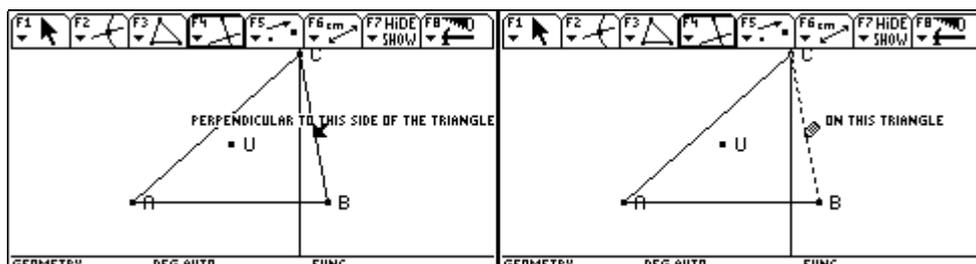
Wir führen den Pfeil mit dem \odot zur Seite c, bis der Text PERPENDICULAR TO THIS SIDE OF THE TRIANGLE erscheint, und bestätigen dann mit **[ENTER]**. Die Seite c wird strichliert dargestellt.



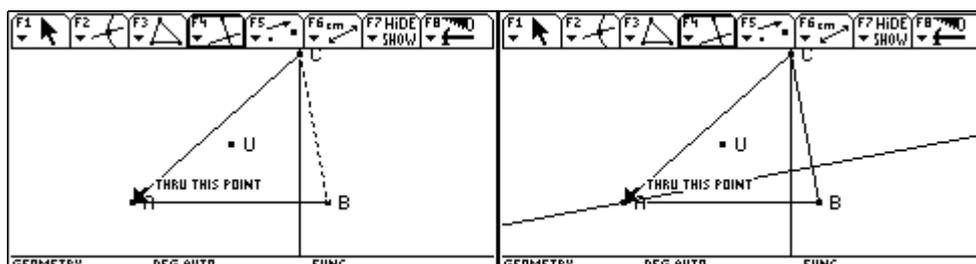
Um die genau Lage der Normalen festzulegen führen wir den Pfeil mit dem \odot zum Eckpunkt C, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Die Höhe auf die Seite c wird sofort gezeichnet.



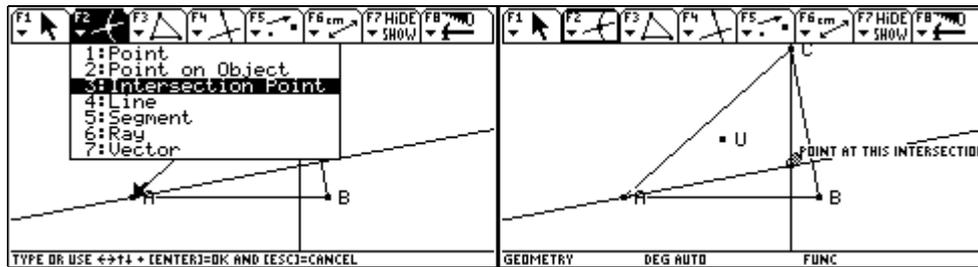
Für die Konstruktion der Höhe auf a führen wir dann den Pfeil mit dem \odot zur Seite a, bis der Text PERPENDICULAR TO THIS SIDE OF THE TRIANGLE erscheint, und bestätigen dann mit **[ENTER]**. Die Seite a wird strichliert dargestellt.



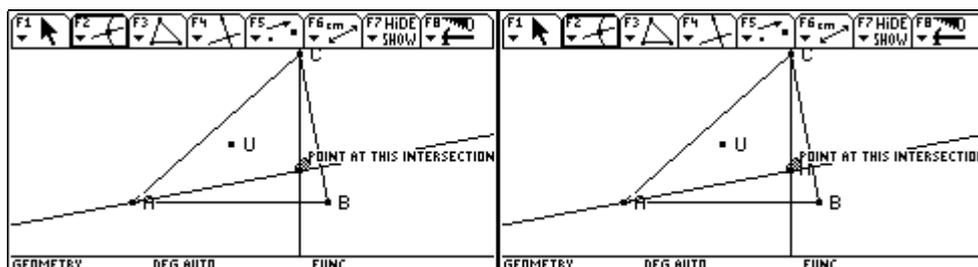
Danach führen wir den Pfeil mit dem \odot zum Eckpunkt A, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Die Höhe auf die Seite a wird gezeichnet.



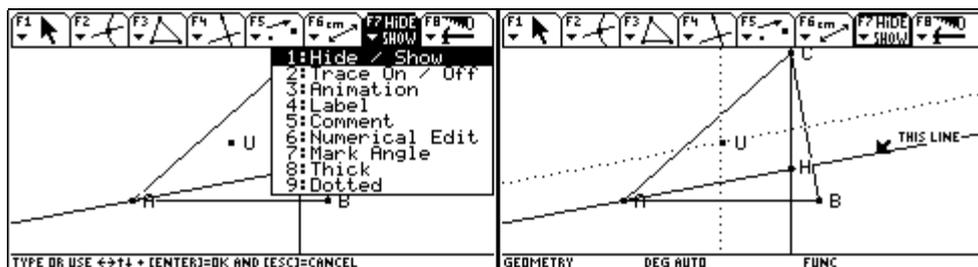
Wir wählen [F2] 3:Intersection Point, um den Höhenschnittpunkt zu bestimmen, und führen den Pfeil mit dem \odot zum Schnittpunkt, bis der schon von früher bekannte Text POINT AT THIS INTERSECTION erscheint. Damit wird der Schnittpunkt vom System erkannt.



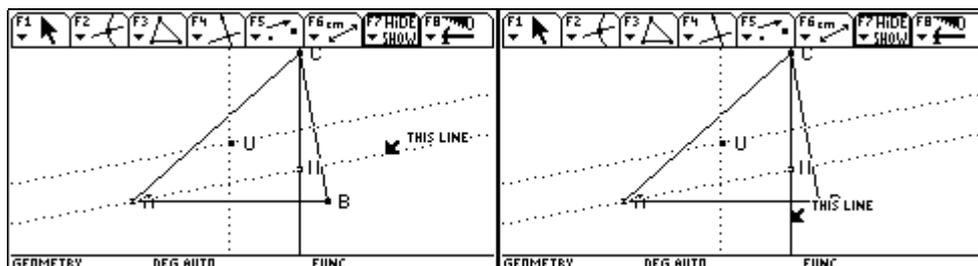
Wir bestätigen mit [ENTER] und der Schnittpunkt erscheint, der sofort mit (H) beschriftet wird.



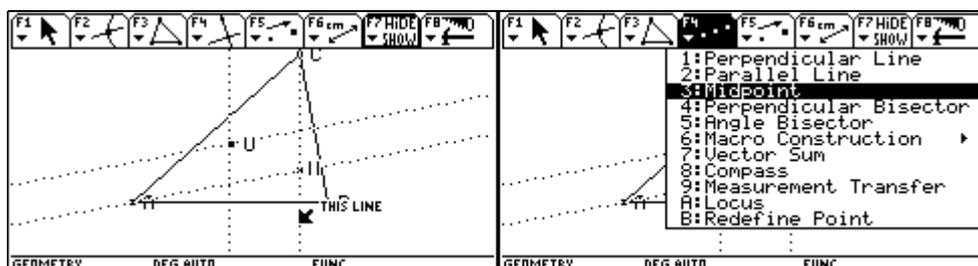
Wir wollen die Höhen aus Übersichtlichkeitsgründen ausblenden. Nach [F7] 1:Hide/Show führen wir den Pfeil zur Höhe auf die Seite a, bis der Text THIS LINE erscheint.



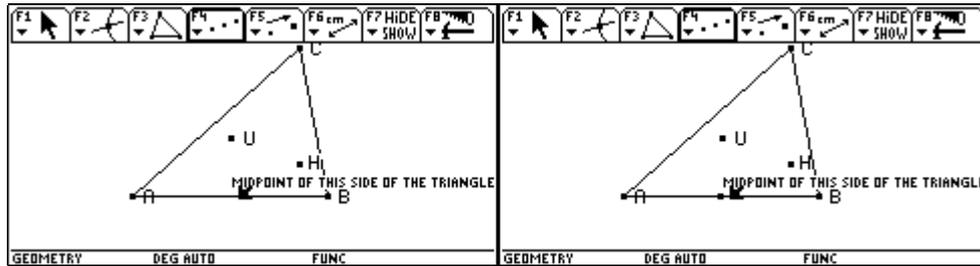
Wir bestätigen mit [ENTER] und die Höhenlinie wird punktiert dargestellt. Dann führen wir den Pfeil zur Höhenlinie auf die Seite c, bis der Text, THIS LINE erscheint.



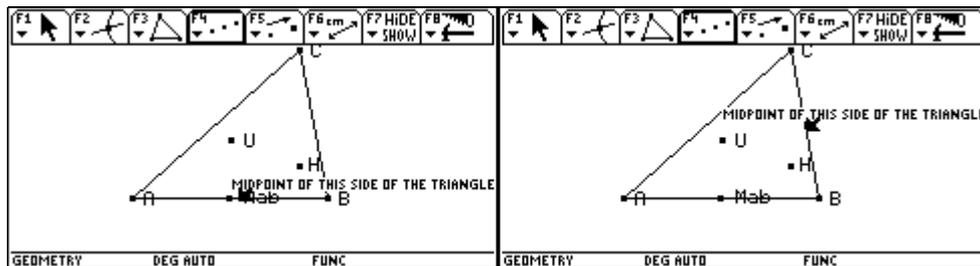
Wir bestätigen mit [ENTER] und auch diese Höhe wird punktiert dargestellt. Somit werden auch die beiden Höhen in Zukunft unsichtbar bleiben. Abschließend wollen wir den Schwerpunkt S konstruieren. Dazu bestimmen wir zunächst die Seitenmitten mit [F4] 3:Midpoint.



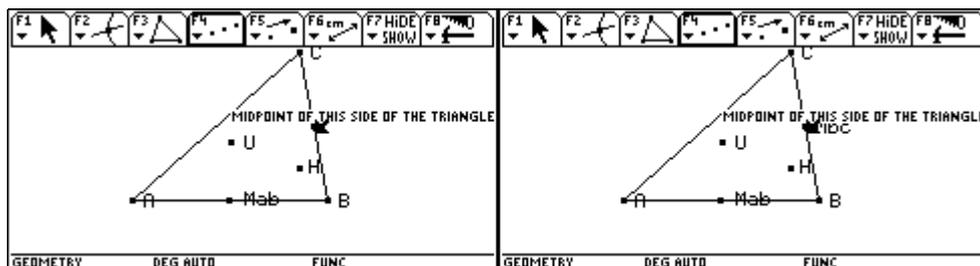
Wir führen den Pfeil mit dem \odot zur Seite c, bis der Text MIDPOINT OF THIS SIDE OF THE TRIANGLE erscheint, und bestätigen dann mit [ENTER] . Die Seitenmitte wird markiert.



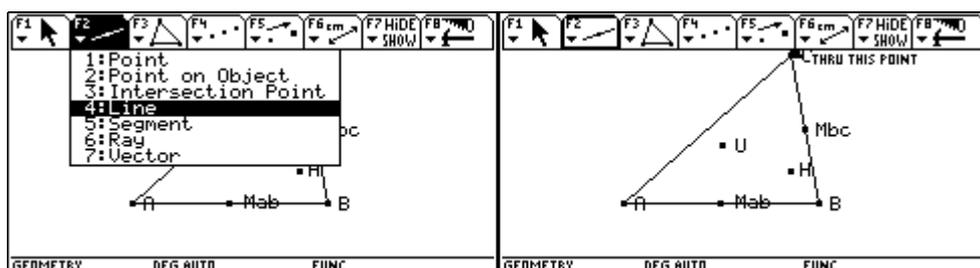
Unmittelbar danach geben wir zur Bezeichnung [M] (a) (b) ein. Dann führen wir den Pfeil mit dem \odot zur Seite a, bis der Text MIDPOINT OF THIS SIDE OF THE TRIANGLE erscheint.



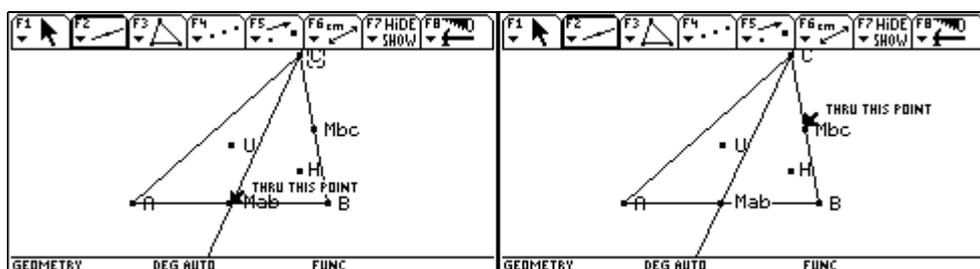
Dann bestätigen wir mit [ENTER] und bezeichnen unmittelbar danach mit [M] (b) (c).



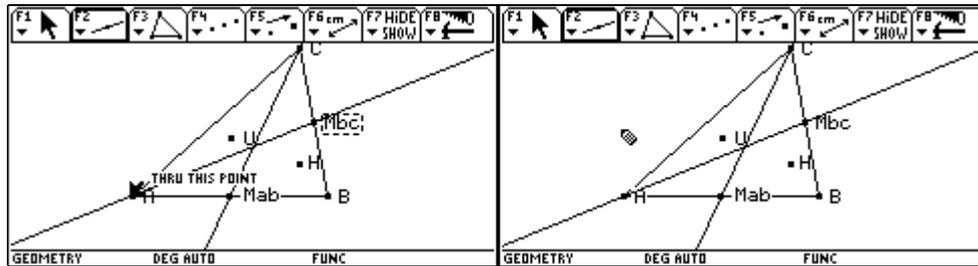
Jetzt sollen die Schwerlinien gezeichnet werden. Wir wählen [F2] 4:Line und führen dann den Pfeil mit dem \odot zum Eckpunkt C, bis der Text THRU THIS POINT sichtbar wird.



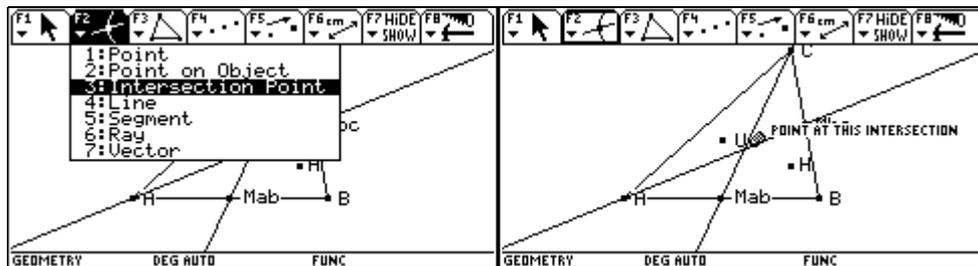
Wir bestätigen mit [ENTER] . Die Bezeichnung des Eckpunktes wird strichliert umrahmt, der Punkt blinkt. Dann führen wir den Pfeil zur Seitemitte Mab, bis der Text THRU THIS POINT erscheint und bestätigen mit [ENTER] . Die Schwerlinie wird gezeichnet. Nun bringen wir den Pfeil zur Seitemitte Mbc, bis der Text THRU THIS POINT erscheint.



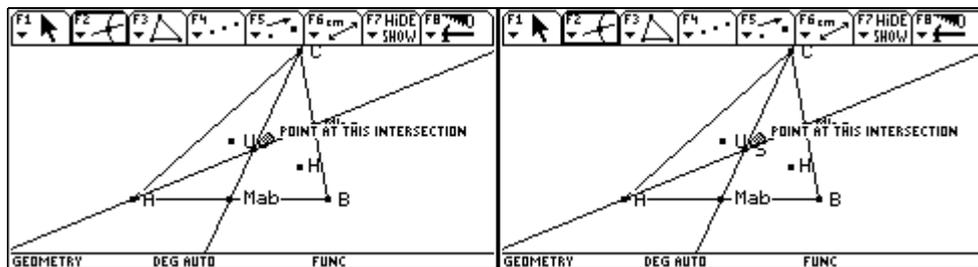
Wir bestätigen mit **[ENTER]**, die Bezeichnung wird strichliert umrahmt, der Punkt blinkt. Wir führen den Pfeil mit dem **⊕** zum Eckpunkt A, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Die Schwerlinie auf die Seite a durch den Punkt A wird gezeichnet.



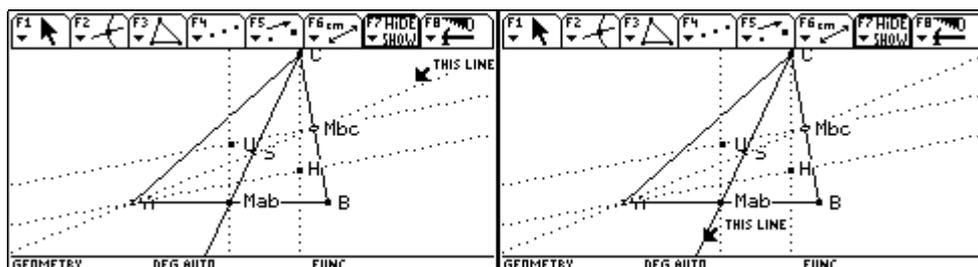
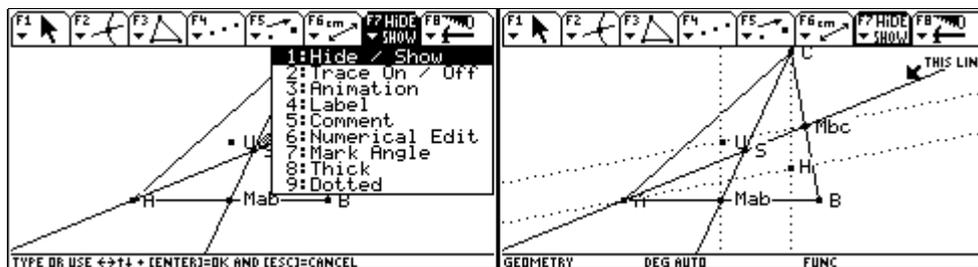
Wir wählen **[F2]** 3:Intersection Point, um den Schwerpunkt festzulegen. Dazu führen wir den Pfeil mit dem **⊕** zum Schnittpunkt, bis der Text POINT AT THIS INTERSECTION erscheint.



Wir bestätigen mit **[ENTER]**, der Punkt wird eingezeichnet, und wir bezeichnen diesen sofort mit **[↑]** (S).

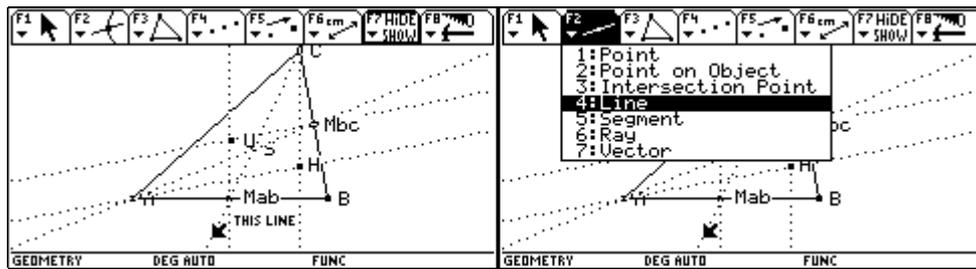


Die Schwerlinien werden wieder ausgeblendet. Dazu verfahren wir wie bei den Höhen und Streckensymmetralen über **[F7]** 1:Hide/Show. Wir folgen den Abbildungen:

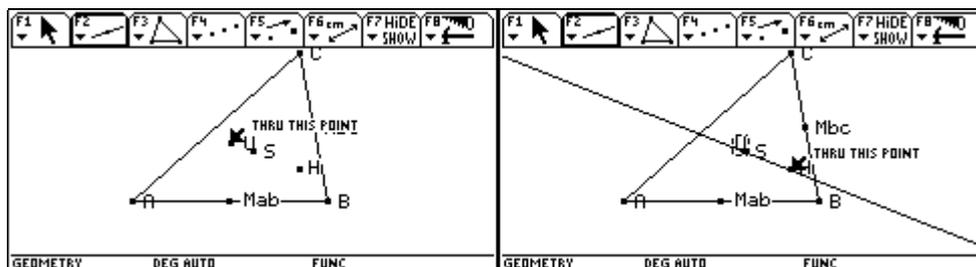


Somit werden auch die beiden Schwerlinien in Zukunft unsichtbar bleiben.

Nun wird die Eulersche Gerade eingezeichnet. Wir wählen **[F2]** 4:Line.

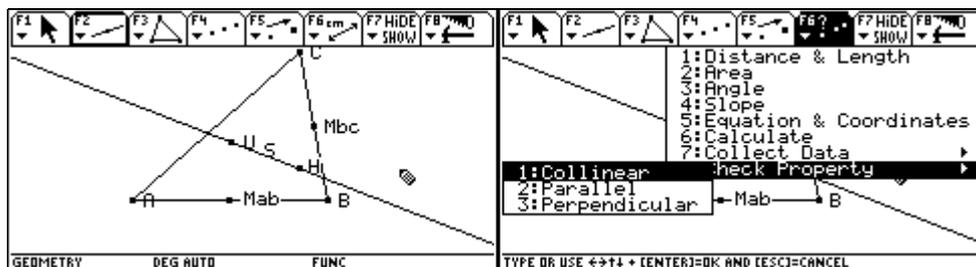


Wir führen den Pfeil zum Umkreismittelpunkt U, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Die Bezeichnung U wird strichliert umrahmt. Dann führen wir den Pfeil zum Höhenschnittpunkt H, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Damit ist eine Gerade durch U und H - die Eulersche Gerade - definiert und sie wird gezeichnet.

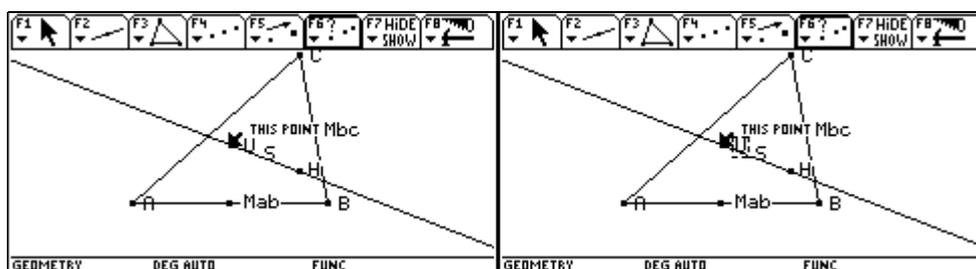


Nun wollen wir überprüfen, ob S, H und U auf einer Geraden liegen.

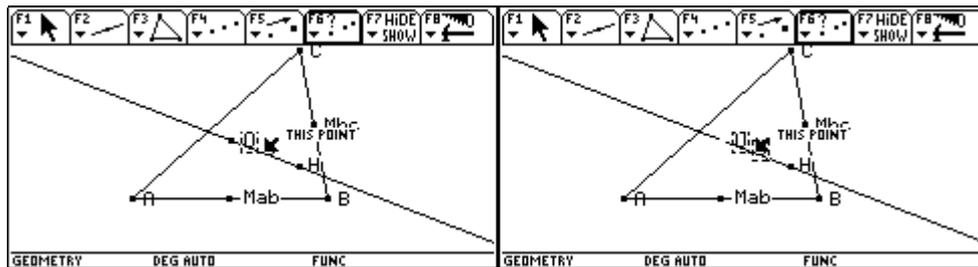
Wir wählen **[F6]** 8:Check Property 1:Collinear.



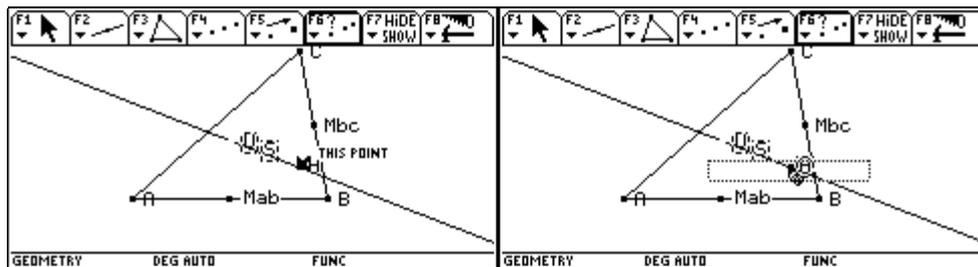
Wir führen den Pfeil mit dem **⊕** zum Punkt U, bis der Text THIS POINT erscheint, und legen diesen mit **[ENTER]** fest. Die Bezeichnung U wird strichliert umrahmt.



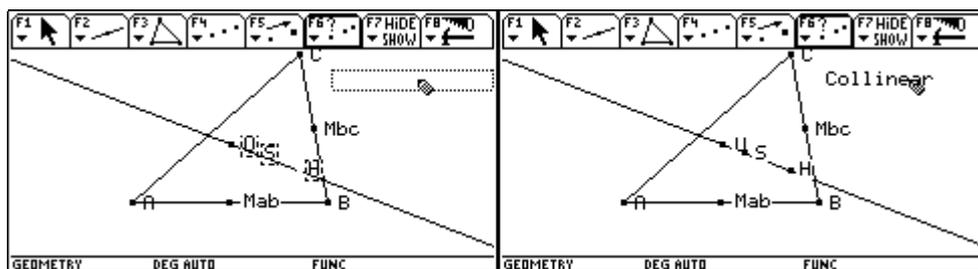
Wir führen den Pfeil mit dem **⊕** zum Punkt S, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Damit wird auch die Bezeichnung S strichliert umrahmt.



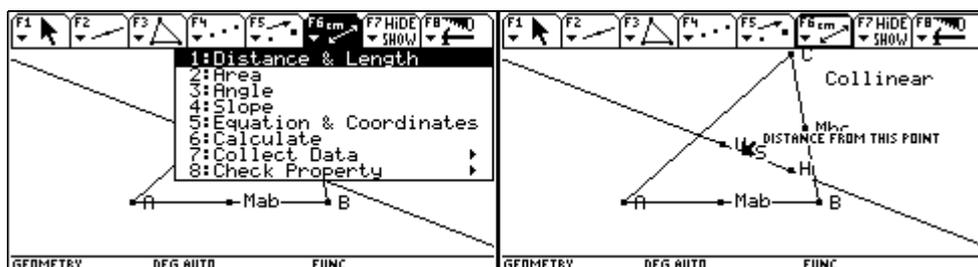
Schließlich führen wir den Pfeil mit dem \odot zum Punkt H, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Die Bezeichnung H wird strichliert umrahmt. Außerdem erscheint nun ein Rechteck, in dem die Antwort vorbereitet ist.



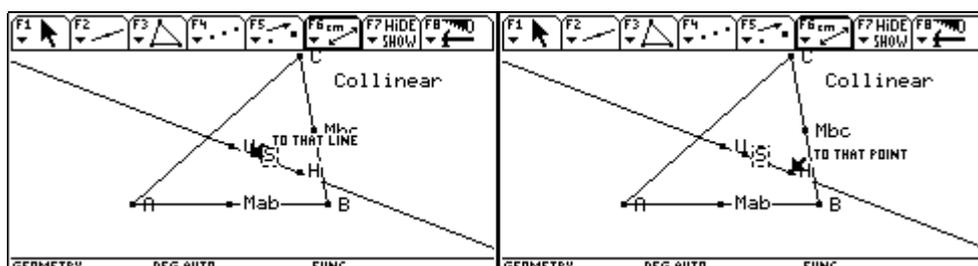
Mit Hilfe des Cursorpads \odot kann das Rechteck an eine passende Stelle verschoben werden. Mit dem nächsten Tastendruck auf **[ENTER]** verschwindet das Rechteck und die Antwort collinear (= auf einer Geraden liegend) erscheint.



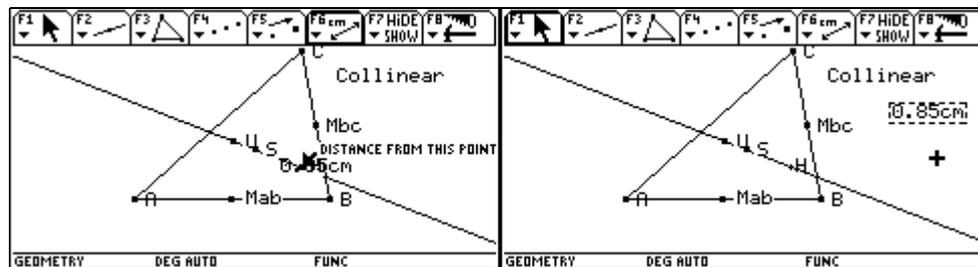
Nun wollen wir uns den besonderen Abständen zwischen U, S und H zuwenden. Wir wählen **[F6]** 1:Distance&Length und führen dann den Pfeil zum Punkt S, bis der Text DISTANCE FROM THIS POINT erscheint.



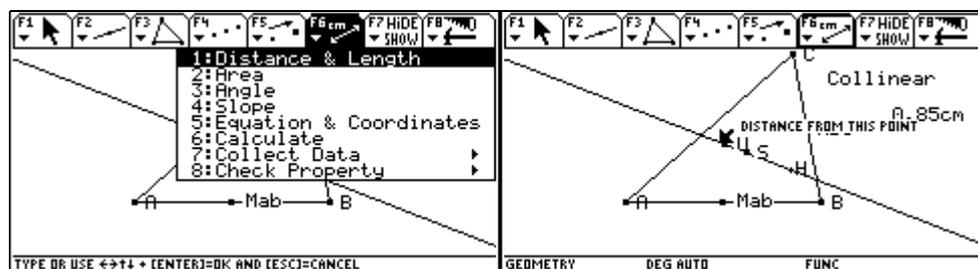
Nach der Bestätigung mit **[ENTER]** wird die Bezeichnung S strichliert umrahmt. Dann bewegen wir den Pfeil mit dem \odot zum Punkt H, bis der Text TO THAT POINT erscheint.



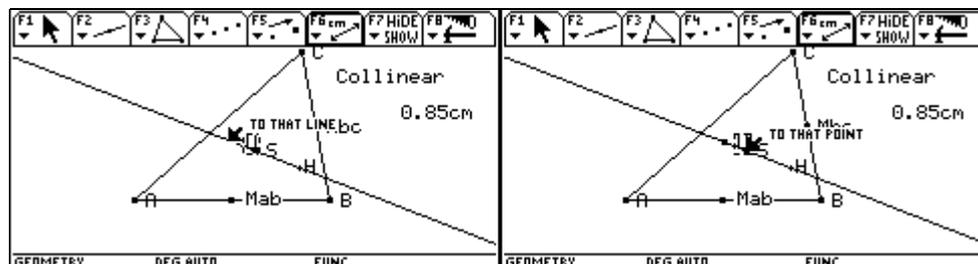
Diese Anzeige bestätigen wir mit **[ENTER]** und der Abstand wird eingblendet. Mit **[ESC]** schalten wir auf **[F1]** 1:Pointer um, führen den Pfeil zur Längenangabe, bis der Text THIS NUMBER erscheint, drücken die **[↻]**-Taste - halten sie gedrückt (der Pfeil verwandelt sich dabei in ein Händchen) - und verschieben die Längenangabe mit dem **[↻]** an eine geeignete freie Stelle.



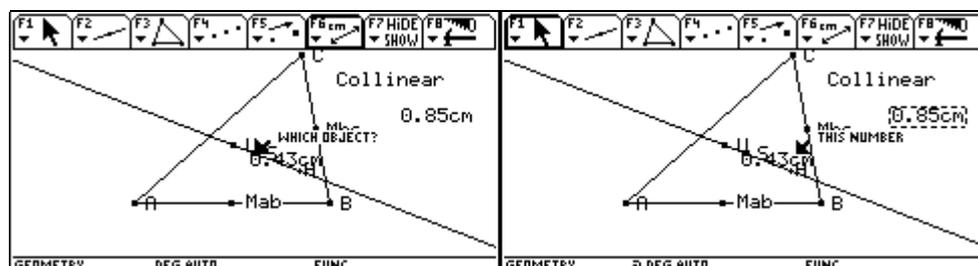
Für den Abstand von U nach S wählen wir nochmals **[F6]** 1:Distance&Length und führen den Pfeil zum Punkt U, bis der Text DISTANCE FROM THIS POINT erscheint.



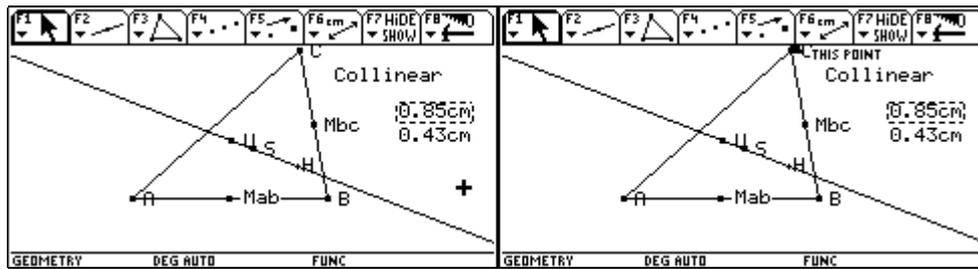
Wir bestätigen mit **[ENTER]**, das U wird strichliert umrahmt und der Pfeil wird mit dem **[↻]** zum Punkt S bewegt, bis der Text TO THAT POINT den zweiten Punkt anzeigt.



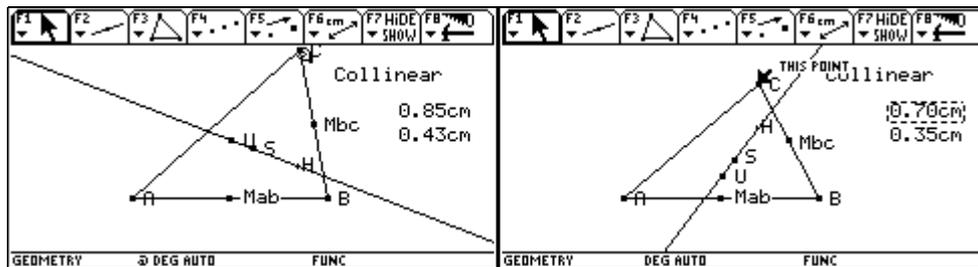
Wir bestätigen mit **[ENTER]** und die Länge wird eingblendet. Wir schalten nochmals um auf **[F1]** 1:Pointer, um die ermittelte Längenangabe auf eine geeignete Stelle zu verschieben.



Nun kommt die "dynamische" oder "Gummizug-" Geometrie ins Spiel. Wir wollen das Dreieck verändern, um die Kollinearität und die Konstanz des Streckenverhältnisses der beiden Abstände auch bei anderen Dreiecken zu überprüfen. Mit **[ESC]** machen wir auf **[F1]** 1:Pointer diesen Menüpunkt aktiv und führen den Pfeil zum Eckpunkt C, bis der Text THIS POINT erscheint.

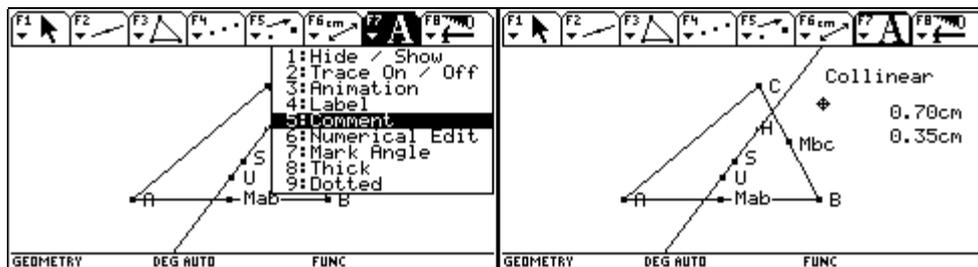


Wir drücken die -Taste (der Pfeil wird wieder zum Händchen) und können nun mit dem bei gedrückter -Taste den Eckpunkt C in eine beliebige andere Lage verziehen und dabei das Streckenverhältnis beobachten. Das Verhältnis bleibt - abgesehen von Rundungsungenauigkeiten bei zwei ausgegebenen Stellen - mit 2 : 1 konstant. Aber auch die drei Punkte U, H und S verbleiben auf der Eulerschen Geraden.

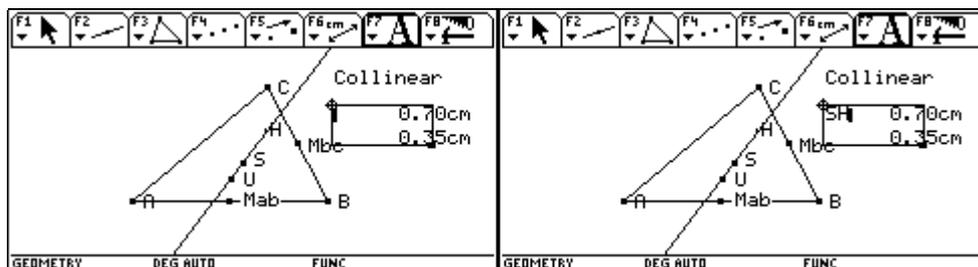


Abschließend werden wir die Längenangaben noch bezeichnen.

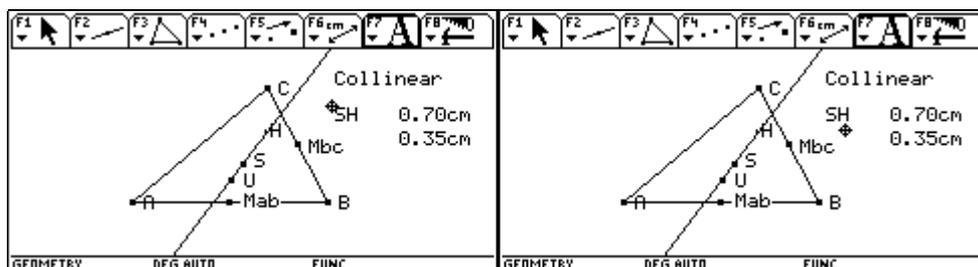
Dazu wählen wir 5:Comment und führen das Fadenkreuz an die gewünschte Stelle.



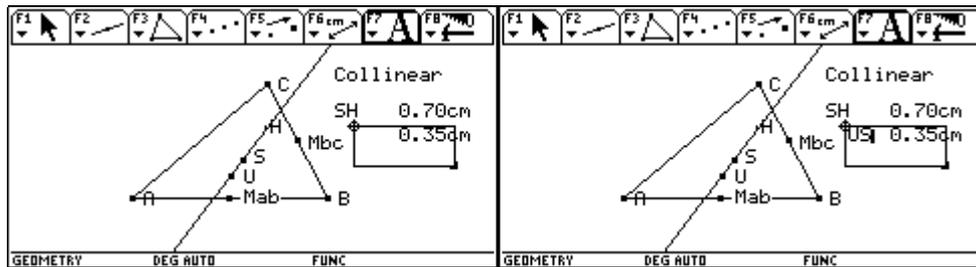
Mit bestätigen wir die Position und es öffnet sich ein Rechteck mit einer Schreibmarke. Wir können nun unseren Text, z.B. SH eingeben.



Mit beschließen wir die Eingabe und der Fadenkreuzcursor wird wieder aktiv. Wir führen ihn an die geeignete Position um auch den zweiten Abstand zu bezeichnen.



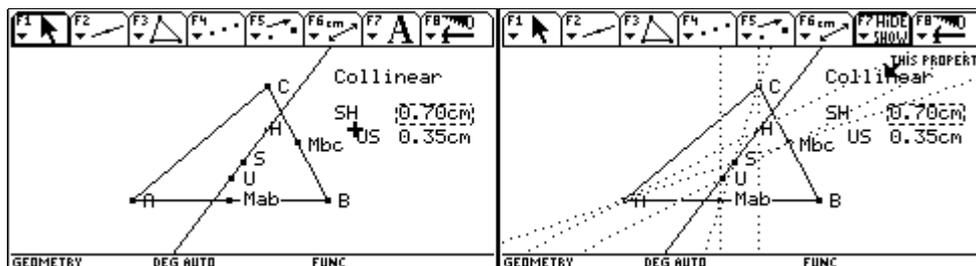
Mit **[ENTER]** schließt sich das alte Rechteck und an der neuen Position öffnet sich ein neues Rechteck mit Textcursor. Wir geben die Bezeichnung, z.B. US ein.



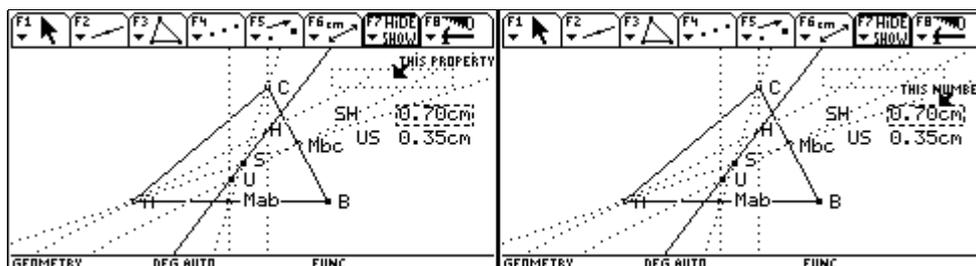
Mit **[ESC]** können wir den Menüpunkt verlassen und unser Werk betrachten. Jetzt wollen wir uns dem Feuerbachsch Kreis zuwenden.

Auf dem Feuerbachkreis (auch Neunpunktekreis) liegen die drei Seitenmitten, die drei Höhenfußpunkte und die Mittelpunkte der oberen Höhenabschnitte. (Karl Wilhelm Feuerbach, 1800 - 1834)

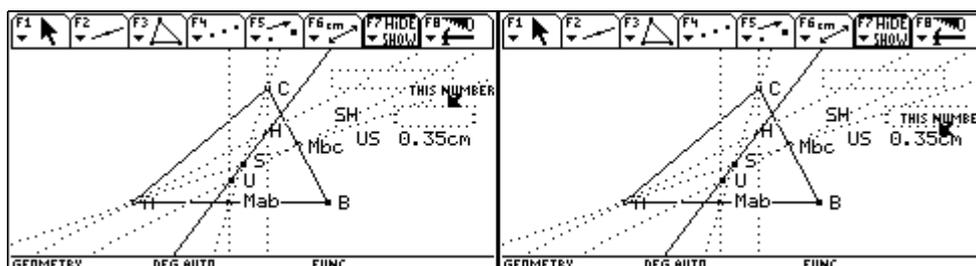
Erst werden alle nicht weiter benötigten Objekte ausgeblendet. Wir wählen **[F7]** 1:Hide/Show. Wir führen den Pfeil zum Text Collinear, bis der Text THIS PROPERTY erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



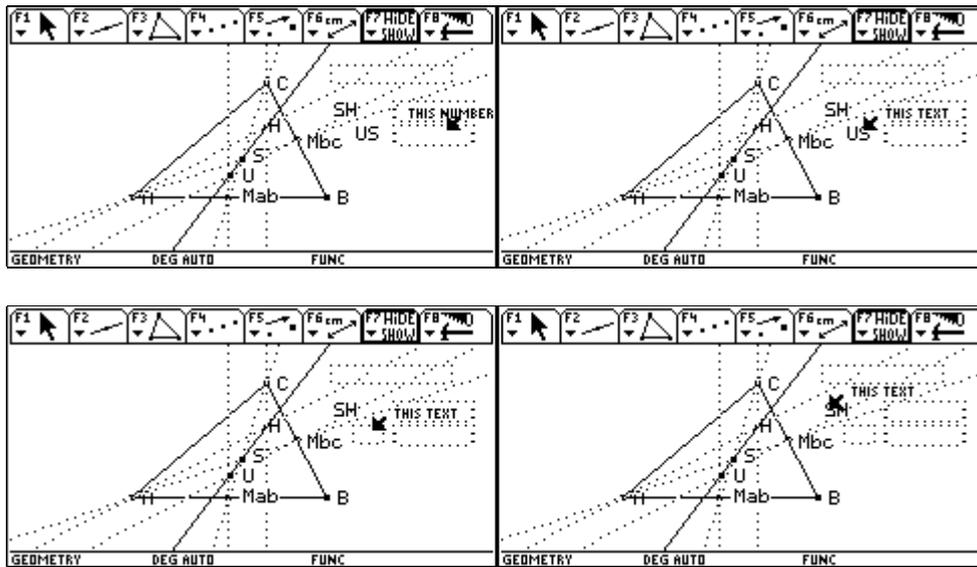
Statt des Textes erscheint ein punktiertes Rechteck. Wir führen den Pfeil zur Längenangabe der Strecke SH, bis der Text THIS NUMBER erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



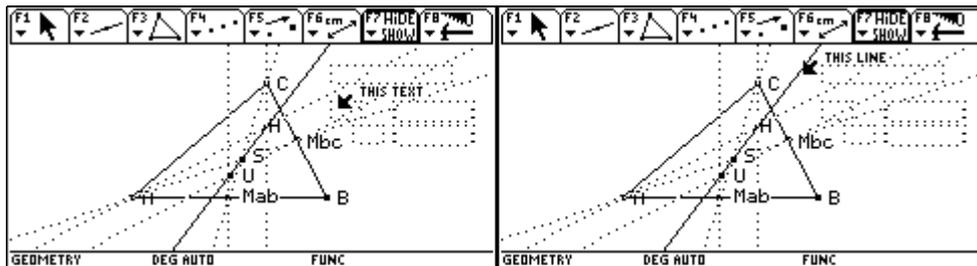
Statt der Längenangabe erscheint ein punktiertes Rechteck. Analog verfahren wir mit der Längenangabe von US.



Anschließend führen wir den Pfeil zu den Bezeichnungen US und SH, bis jeweils der Hinweis THIS TEXT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.

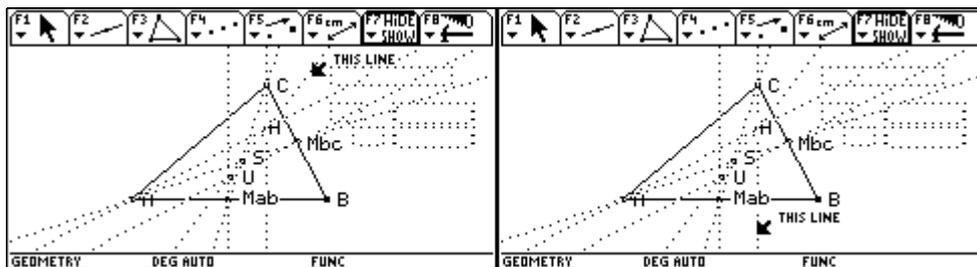


Abschließend "verstecken" wir auch die Eulersche Geraden, indem wir den Pfeil an die Gerade heranführen, bis der Text THIS LINE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.

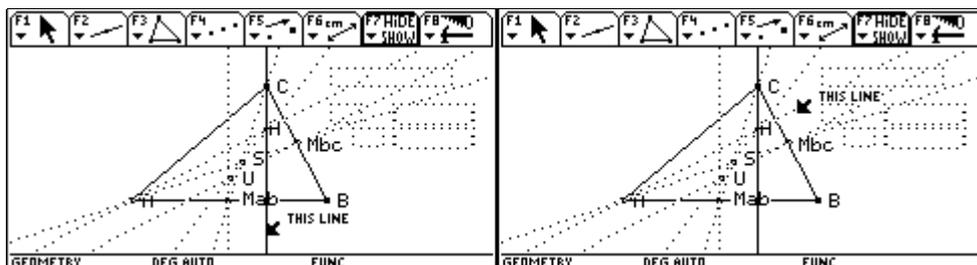


Die Eulersche Gerade wird punktiert dargestellt.

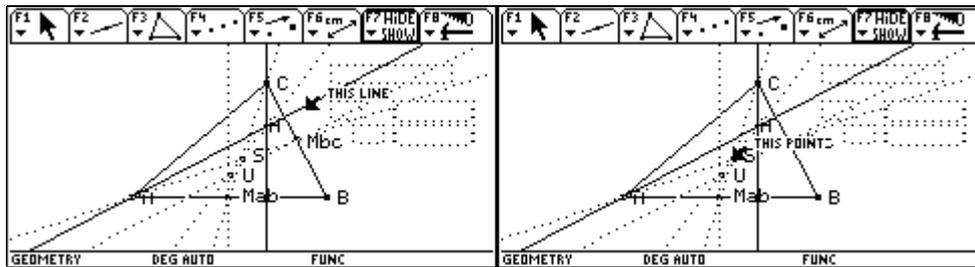
Die Höhen wollen wir dagegen wieder einblenden. Wir führen den Pfeil zu Höhe auf die Seite c, bis der Text THIS LINE erscheint.



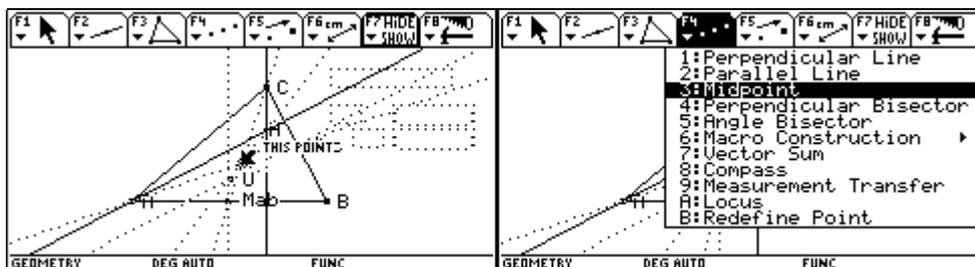
Wir bestätigen mit **[ENTER]** und die Höhe wird wieder eingezeichnet. Dann führen wir den Pfeil zur Höhe auf die Seite a, bis der Text THIS LINE erscheint.



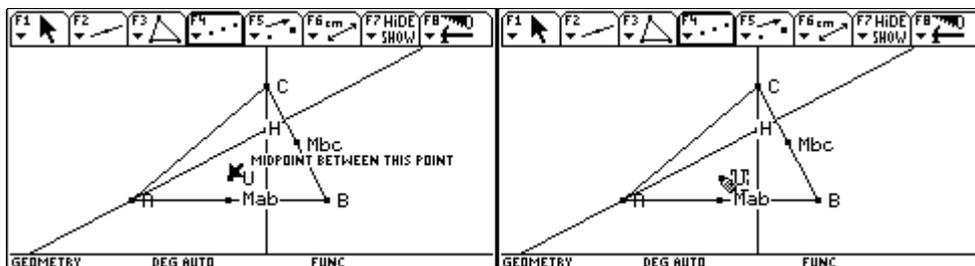
Wir bestätigen mit **[ENTER]** und die Höhe wird wieder eingezeichnet. Zuletzt blenden wir auch noch den Schwerpunkt S, den wir nicht weiter benötigen, aus. Wir führen den Pfeil zum Schwerpunkt S, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



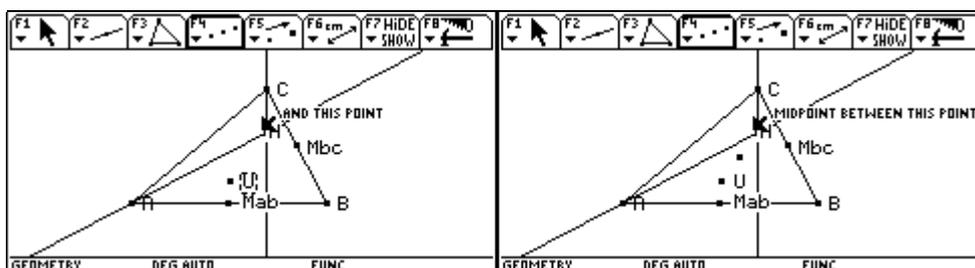
Der Mittelpunkt des Feuerbachskreises ist der Halbierungspunkt der Strecke UH. Ihn konstruieren wir über **[F4] 3:Midpoint**.



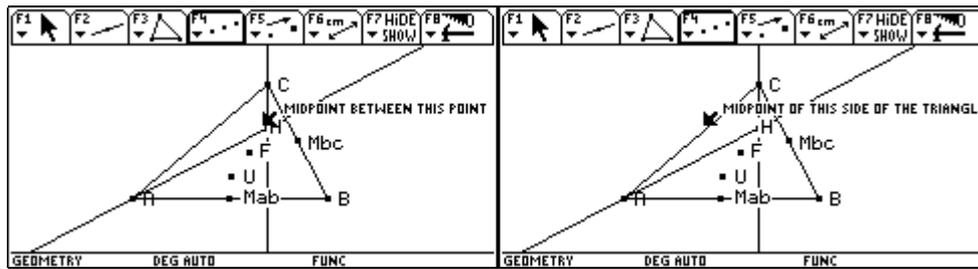
Wir führen den Pfeil mit dem **⊕** zum Punkt U, bis der Text MIDPOINT BETWEEN THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Dabei wird die Bezeichnung von U strichliert markiert.



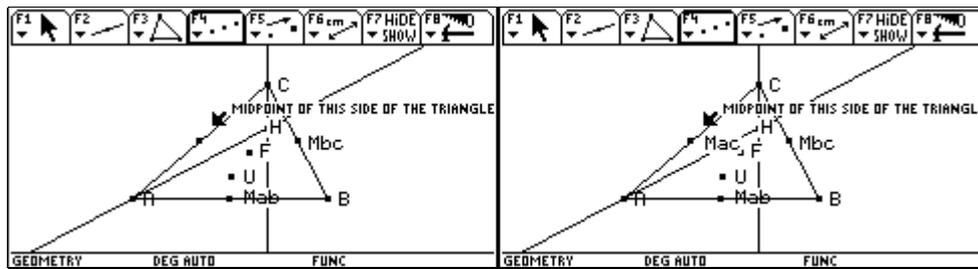
Dann führen wir den Pfeil mit dem **⊕** zum Punkt H, bis der Text AND THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



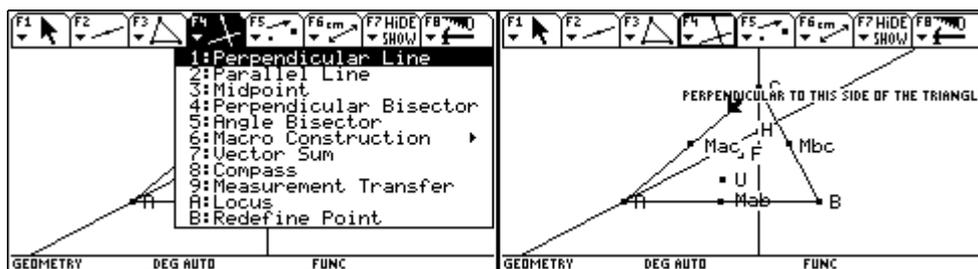
Wir bezeichnen den Mittelpunkt des Feuerbachkreises mit **[↑][F]**. Dann konstruieren wir die Seitenmitte der Seite b. Wir wählen **[F4] 3:Midpoint** und führen den Pfeil mit dem **⊕** zur Seite b, bis der Text MIDPOINT OF THIS SIDE OF THE TRIANGLE erscheint.



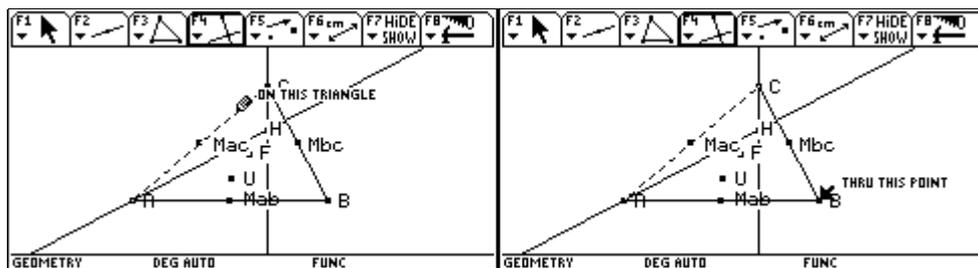
Wir bestätigen mit **[ENTER]** und bezeichnen sofort mit **[↑]** (M) (a) (c).



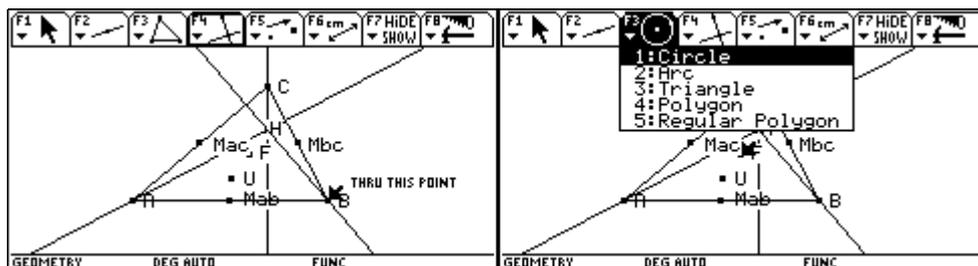
Auch die Höhe auf b wird noch benötigt. Wir wählen **[F4]** 1:Perpendicular Line und führen den Pfeil mit dem **[↻]** zur Seite b, bis der Text PERPENDICULAR TO THIS SIDE OF THE TRIANGLE die richtige Seite anzeigt.



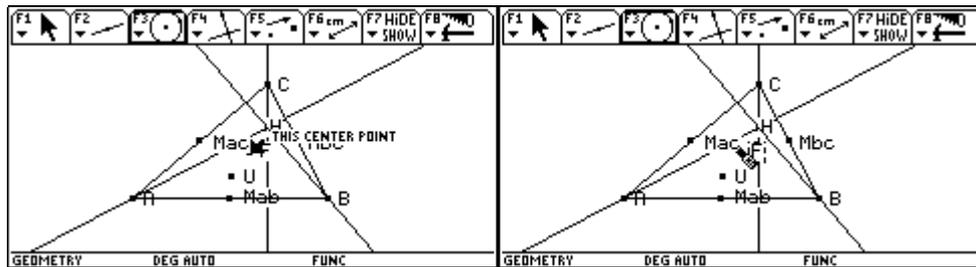
Wir bestätigen mit **[ENTER]** und die Seite b wird strichliert dargestellt. Dann führen wir den Pfeil zum Eckpunkt B, bis der Text THRU THIS POINT den Punkt bezeichnet, durch den die Höhe gelegt werden soll.



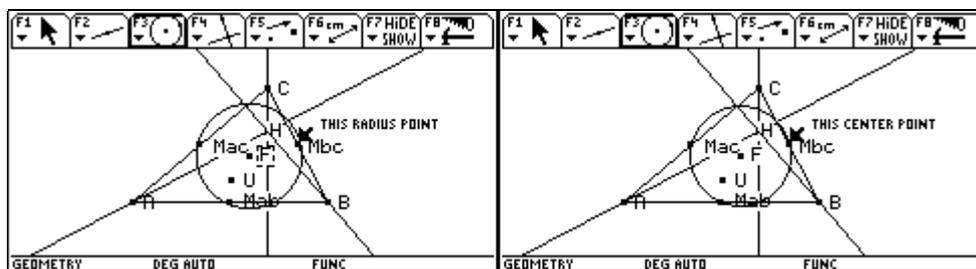
Wir bestätigen mit **[ENTER]** und die Höhe auf die Seite b wird gezeichnet. Jetzt wird der Feuerbachkreis gezeichnet. Wir wählen das entsprechende Werkzeug: **[F3]** 1:Circle.



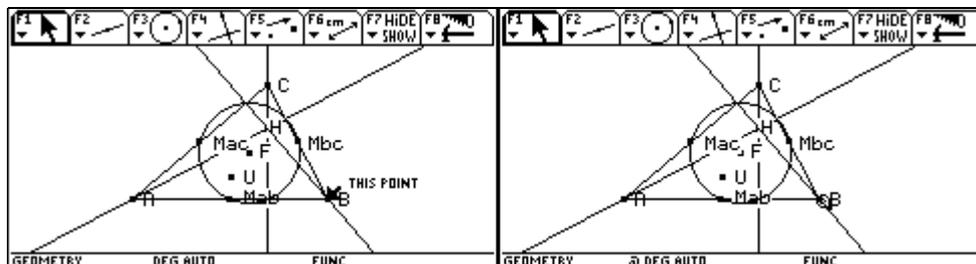
Wir führen den Pfeil zum Punkt F, bis der Text THIS CENTER POINT den zukünftigen Kreismittelpunkt anzeigt, und bestätigen mit **[ENTER]**. Das F wird strichliert umrahmt.



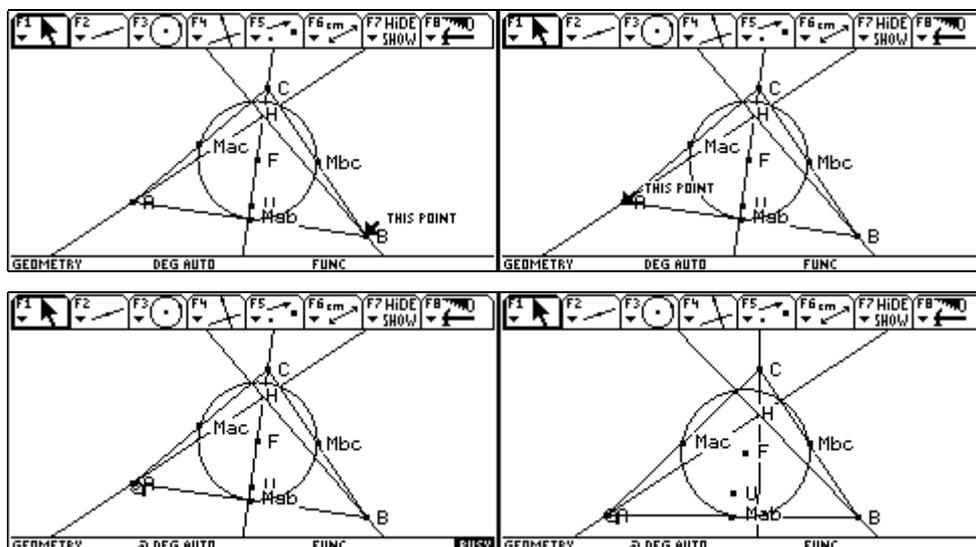
Mit dem \odot ziehen wir den Kreis zum Punkt Mbc auf, bis der Text THIS RADIUS POINT erscheint und damit kommentiert, dass der Kreis durch die Mitte der Seite a verläuft. Mit **[ENTER]** wird bestätigt. Der Feuerbachkreis wird gezeichnet. Er geht durch die Seitenmitten und die Höhenfußpunkte. Um das deutlicher zu machen, werden wir das Dreieck etwas verändern.



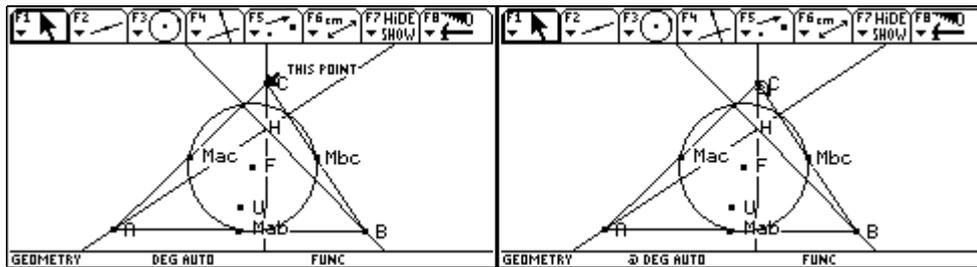
Mit **[ESC]** gelangen wir zu **[F1]** 1:Pointer. Wir führen den Pfeil zum Eckpunkt B, bis der Text THIS POINT erscheint. Dann drücken wir die \odot -Taste und verziehen mit \odot den Punkt B.



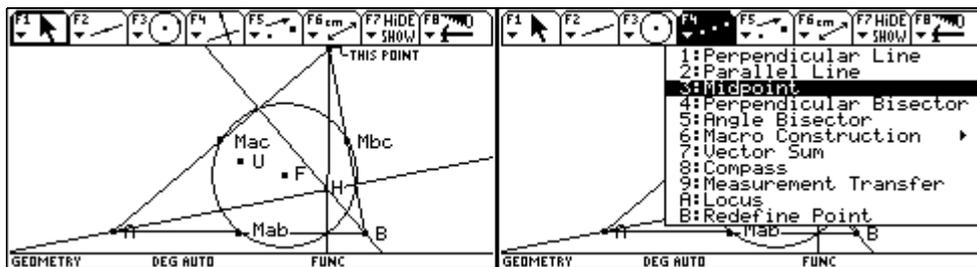
Der Vorgang wird beendet, indem man die Tasten loslässt. Wir führen den Pfeil zum Eckpunkt A, bis der Text THIS POINT erscheint, und verziehen den Punkt A.



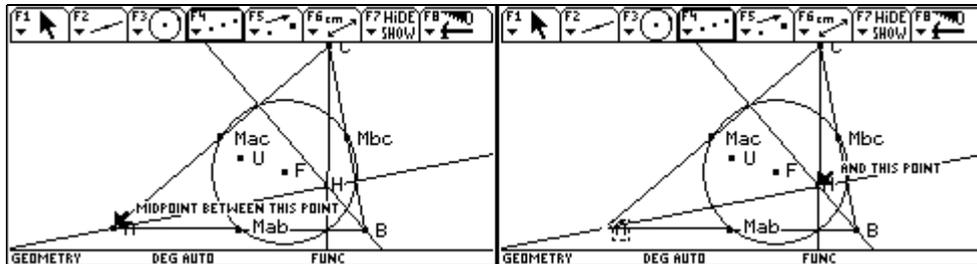
Auf die gleiche Art und Weise verschieben wir auch den Punkt C in eine Lage, die die wichtigen Punkte und den Feuerbachkreis schön sichtbar macht.



Außerdem halbiert der Feuerbachkreis die Strecken zwischen dem Höhenschnittpunkt H und den Eckpunkten. Er verläuft also durch insgesamt 9 Punkte und wird daher manchmal auch Neunpunktekreis genannt. Wir wählen **[F4] 3:Midpoint**.

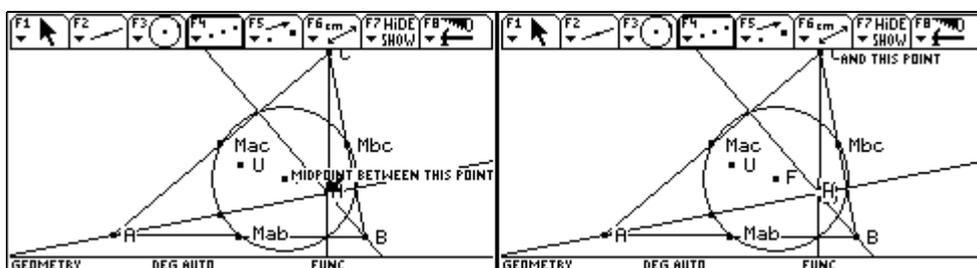


Wir führen den Pfeil zum Eckpunkt A, bis der Text MIDPOINT BETWEEN THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Die Bezeichnung A wird strichliert umrahmt. Dann führen wir den Pfeil zum Höhenschnittpunkt H, bis der Text AND THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.

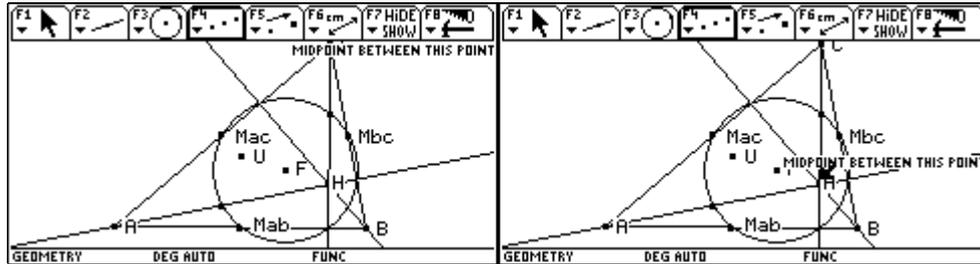


Der Punkt liegt am Kreis. Eine exakte Überprüfungsmöglichkeit existiert nicht.

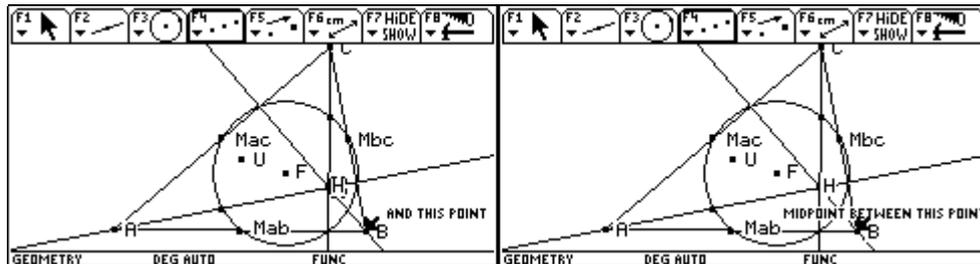
Mit einem weiteren **[ENTER]** bestätigen wir den Text MIDPOINT BETWEEN THIS POINT und führen den Pfeil dann zum Eckpunkt C, bis der Text AND THIS POINT erscheint.



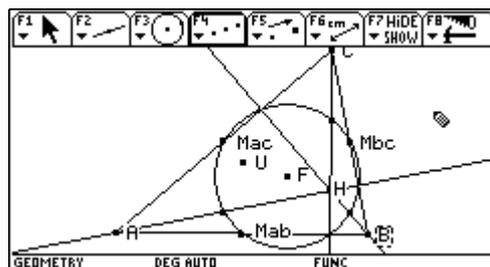
Wir bestätigen mit **[ENTER]**. Auch dieser Punkt liegt offensichtlich am Kreis. Dann führen wir den Pfeil zum Höhenschnittpunkt H, bis der Text MIDPOINT BETWEEN THIS POINT erscheint.



Wir bestätigen mit **[ENTER]** und die Bezeichnung H wird strichliert umrahmt. Nun führen wir den Pfeil zum Eckpunkt B, bis der Text AND THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



Auch diese Streckenmitte liegt auf dem Feuerbachkreis.

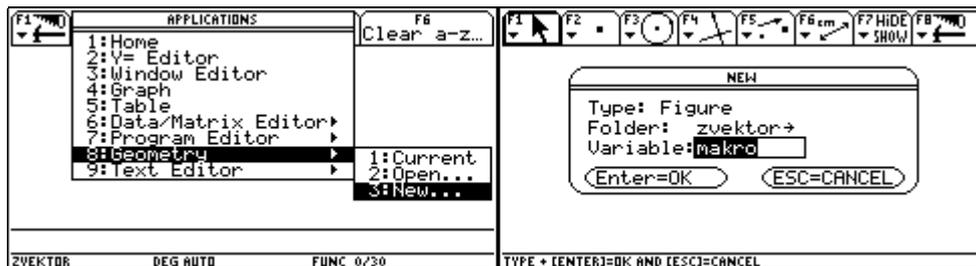


2 Tangente von einem Punkt an einen Kreis

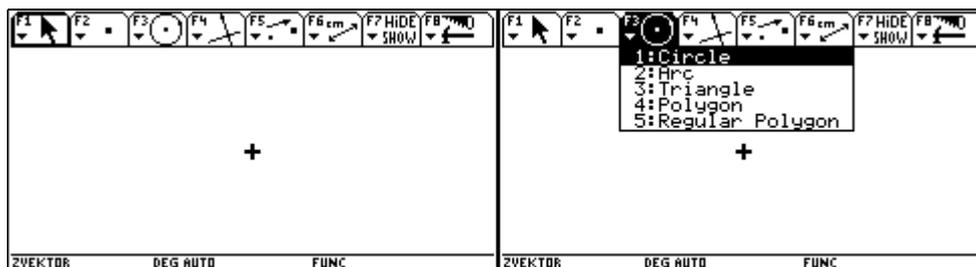
Erstellen eines Makros

Grundkonstruktionen, die öfter vorkommen, lassen sich als Makros definieren und speichern. Bei Bedarf können sie jederzeit aufgerufen werden. Eine derartige Basiskonstruktion ist das Legen einer Tangente von einem Punkt an einen gegebenen Kreis.

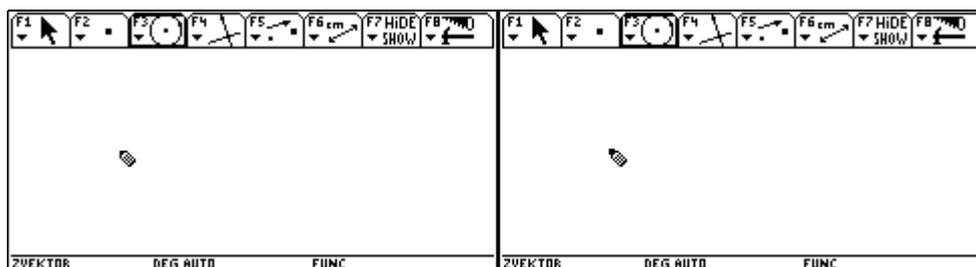
Mit **[APPS]** 8:Geometry 3:New beginnen wir eine neue Geometriesitzung und geben der Zeichnung (Figure) im gewünschten Folder einen Namen, z.B. makro.



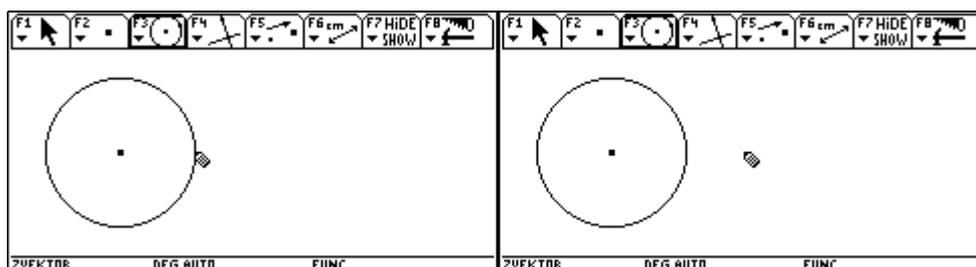
Im Zeichenschirm wählen wir **[F3]** 1:Circle.



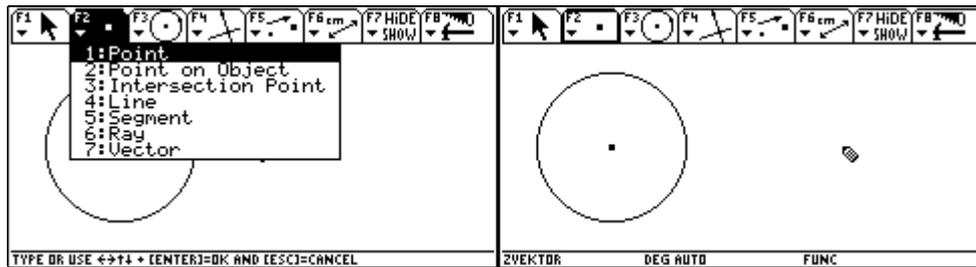
Wir führen den Zeichenstift, zu der Stelle, wo der Mittelpunkt des Kreise liegen soll, und bestätigen die richtige Lage mit **[ENTER]**. Der Mittelpunkt wird markiert.



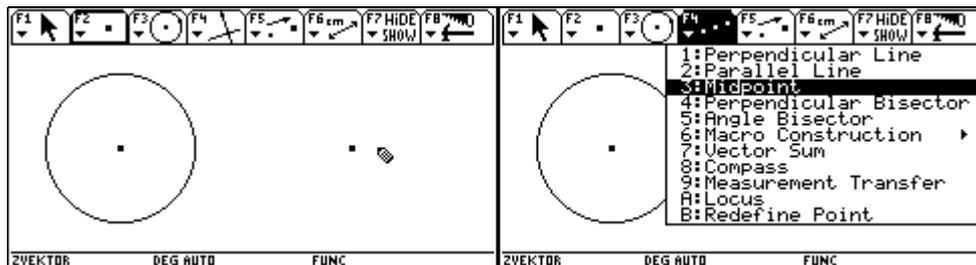
Dann ziehen wir mit Hilfe des Cursorpads \odot den Kreis auf die gewünschte Größe auf und bestätigen mit **[ENTER]**.



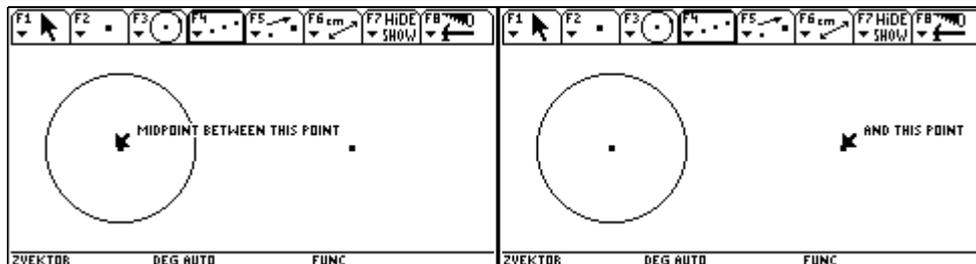
Dann wählen [F2] 1:Point und führen den Zeichenstift an jene Stelle, wo der Punkt festgelegt wird.



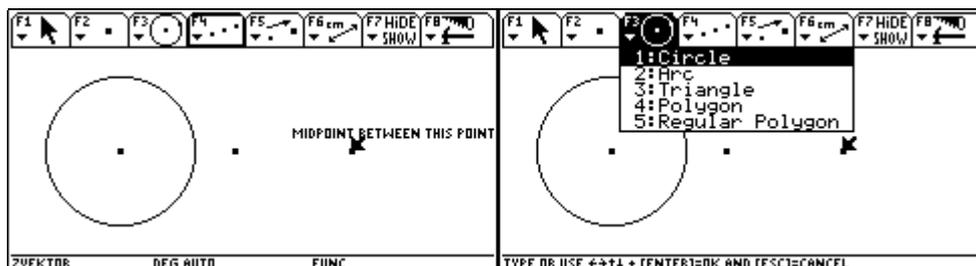
Die richtige Stelle bestätigen wir mit [ENTER]. Dann wählen wir [F4] 3:Midpoint, um den Mittelpunkt des Thaleskreises zu zeichnen.



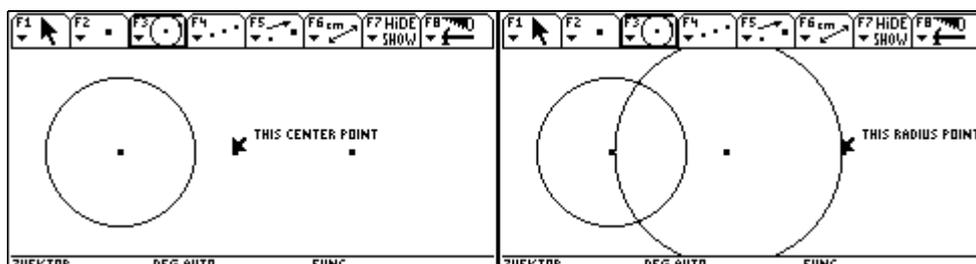
Wir führen den Pfeil zum Kreismittelpunkt, bis der Text MIDPOINT BETWEEN THIS POINT erscheint, und bestätigen mit [ENTER]. Dann führen wir den Pfeil zum anderen Punkt, bis der Text AND THIS POINT erscheint, und bestätigen mit [ENTER].



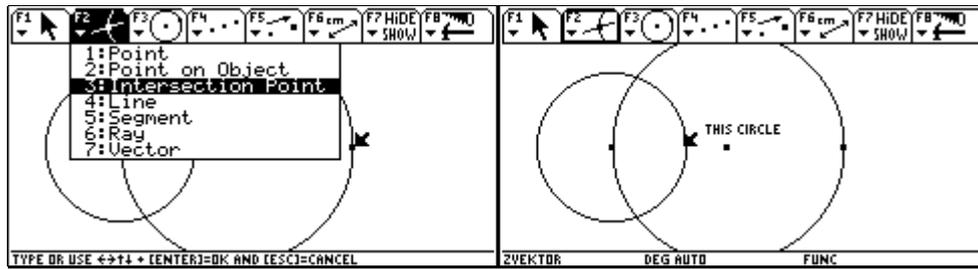
Der Mittelpunkt der Strecke wird eingezeichnet. Nun wählen wir [F3] 1:Circle.



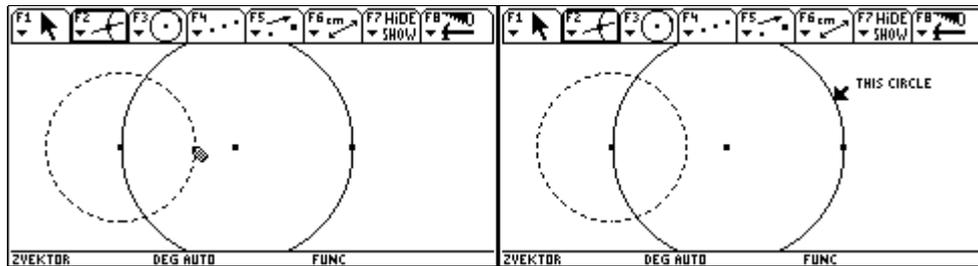
Wir führen den Pfeil zum eben gezeichneten Streckenmittelpunkt, bis der Text THIS CENTER POINT erscheint, und bestätigen mit [ENTER]. Dann ziehen wir den Kreis bis zum Punkt auf, bis der Text THIS RADIUS POINT eingblendet wird, und bestätigen mit [ENTER].



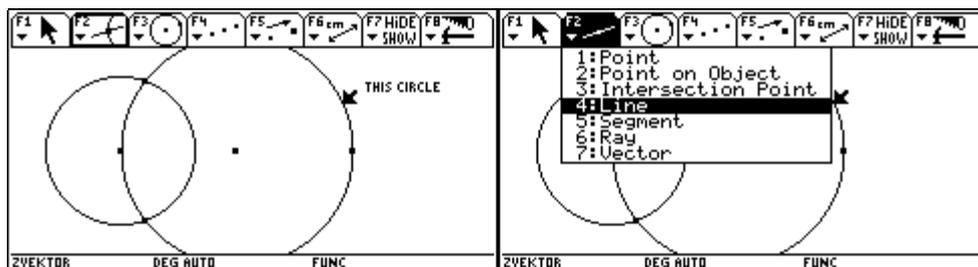
Nach der Auswahl von **[F2]** 3:Intersection Point führen wir den Pfeil zum ersten Kreis, bis der Text THIS CIRCLE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



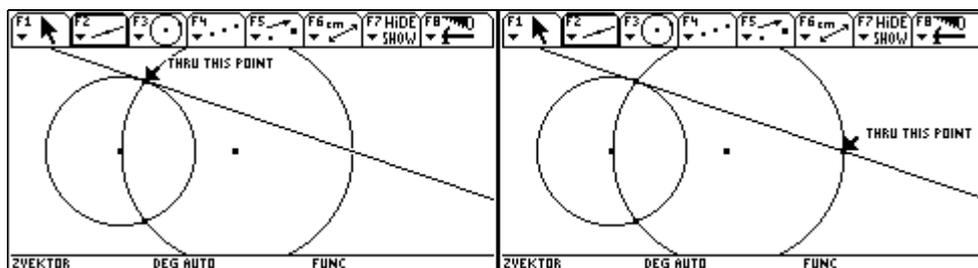
Der Kreis wird strichliert dargestellt. Dann führen wir den Pfeil zum Thaleskreis, bis der wiederum der Text THIS CIRCLE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



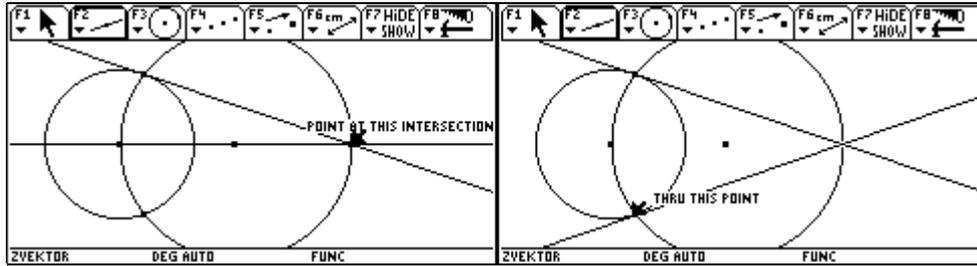
Beide Schnittpunkte werden eingezeichnet. Um die Tangenten zu zeichnen wählen wir nun **[F2]** 4:Line.



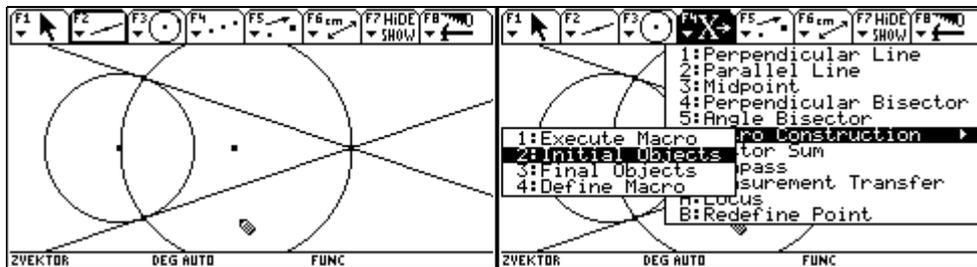
Wir führen den Pfeil zu einem Schnittpunkt, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Dann führen wir den Pfeil zum Ausgangspunkt, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, bestätigen mit **[ENTER]** und schließen mit **[ENTER]**.



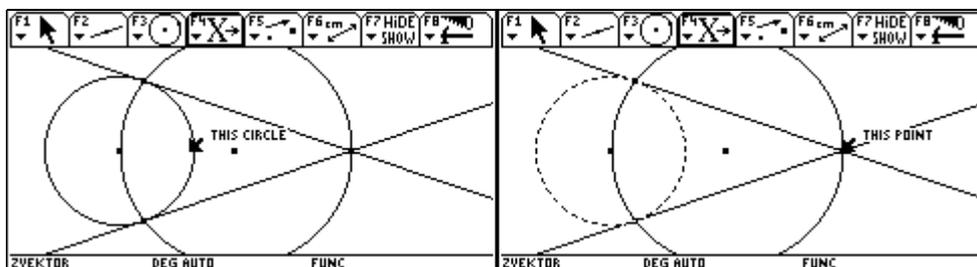
Den Text POINT AT THIS INTERSECTION bestätigen wir gleich wieder mit **[ENTER]** und führen den Pfeil zum anderen Berührungspunkt, bis neuerlich der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



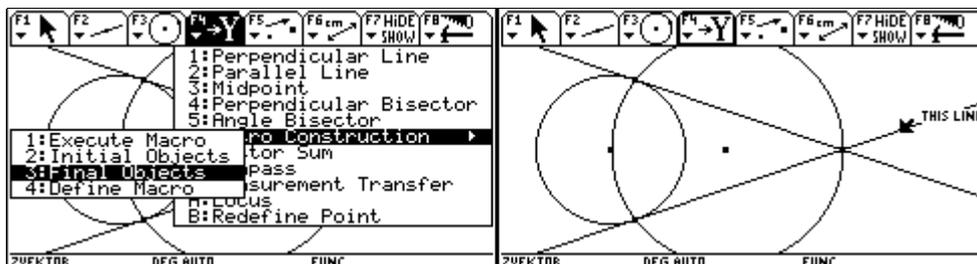
Damit sind die Tangenten konstruiert. Nun wollen wir das Makro festlegen. Zuerst müssen die Ausgangsobjekte zur Tangentenkonstruktion festgelegt werden. Das sind der Kreis und der Punkt außerhalb des Kreises. Dazu wählen wir **[F4]** 6:Macro Construction 2: Initial Objects und geben den Kreis und den Punkt als Ausgangsobjekte an.



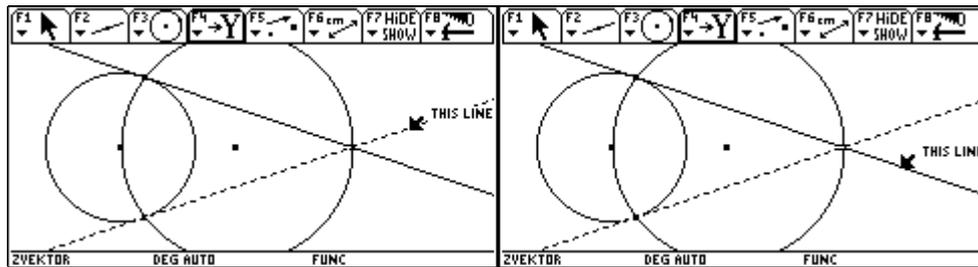
Wir führen den Pfeil zum Kreis, bis der Text THIS CIRCLE erscheint, bestätigen mit **[ENTER]**, dann führen wir den Pfeil zum Punkt, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen nochmals mit **[ENTER]**.



Nun geben wir über **[F4]** 6:Macro Construction 3: Final Objects die Endergebnisse der Konstruktion - das sind die beiden Tangenten - an. Wir führen den Pfeil zu der einen Tangente, bis der Text THIS LINE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.

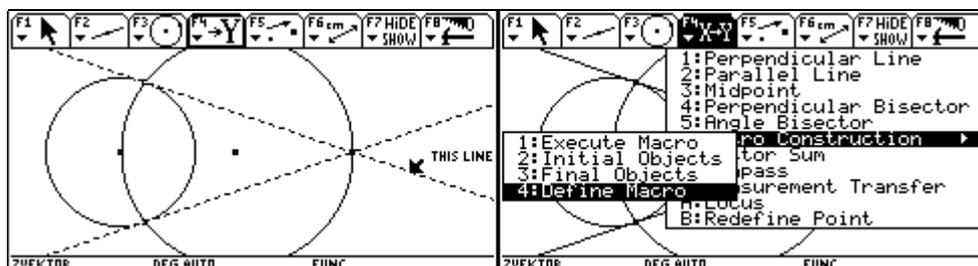


Anschließend führen wir den Pfeil auch zur anderen Tangente, bis wiederum der Text THIS LINE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



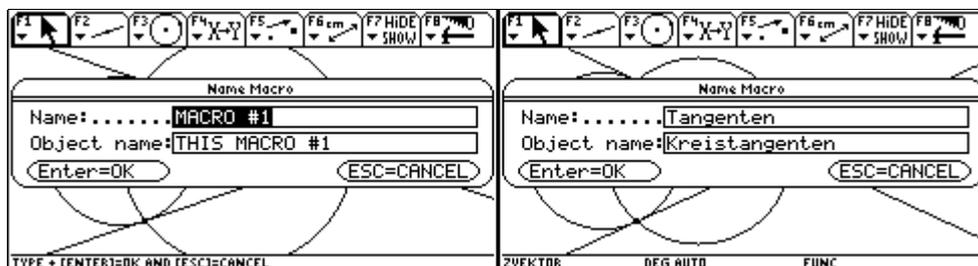
Nun sind beide Tangenten ausgewählt. Unser Makro muss noch einen Namen bekommen, unter dem es bei Bedarf angesprochen werden kann.

Wir wählen dann **[F4]** 6:Macro Construction 4: Define Macro.

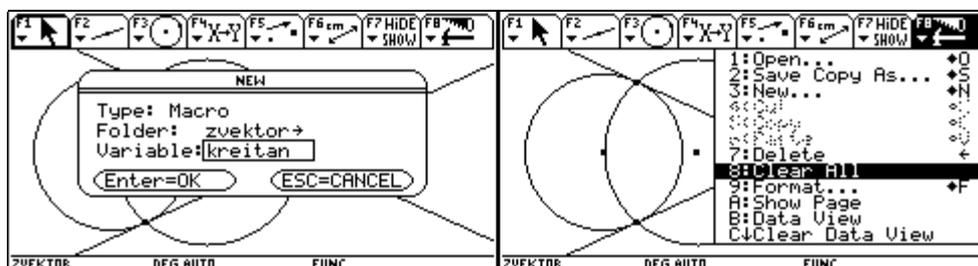


In der folgenden Box steht Name für die Bezeichnung, unter der das Makro aufgerufen wird. Wir geben dem Makro den Namen Tangenten.

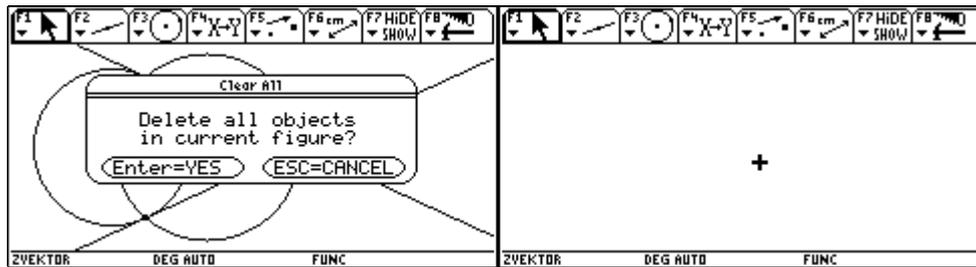
Object name ist der Text, der später bei Auswahl der vom Makro gezeichneten Objekte angezeigt wird. Wir geben die entsprechenden Namen ein, z.B. Kreistangenten.



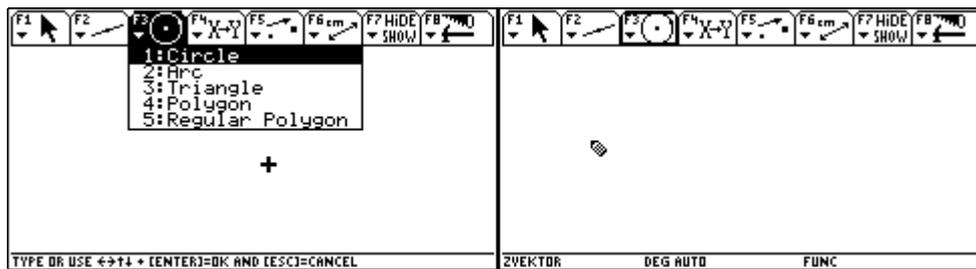
Danach kann das Makro unter einem Variablenamen abgespeichert werden, damit es auch für andere Konstruktionen zur Verfügung steht, z.B. kreitan. **[F8]** 8:Clear All löscht den Zeichenschirm.



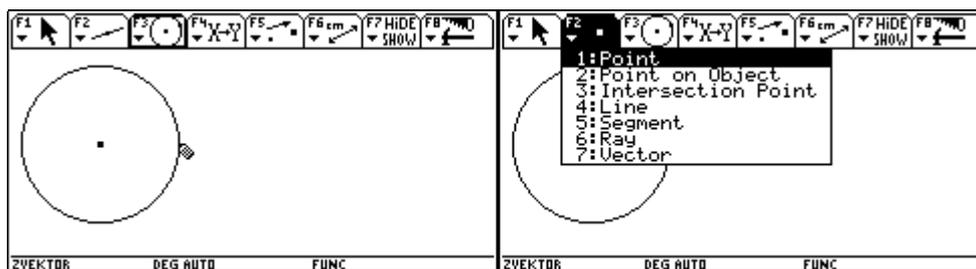
Die rückfragende Box verlassen wir mit **[ENTER]**. Nun ist alles ist gelöscht - alles außer unserem Makro! Dieses wird nun getestet.



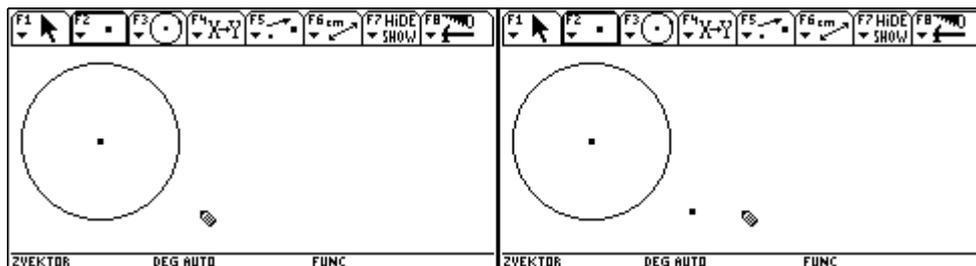
Wir wählen **[F3]** 1:Circle, führen den Stift zum Kreismittelpunkt und bestätigen mit **[ENTER]**.



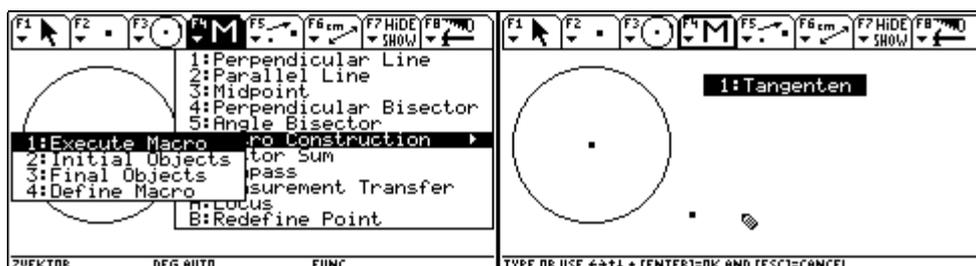
Dann ziehen wir den Kreis mit **[⊕]** auf die gewünschte Größe auf und bestätigen mit **[ENTER]**. Wir wählen **[F2]** 1:Point, um einen Punkt außerhalb des Kreises zu fixieren.



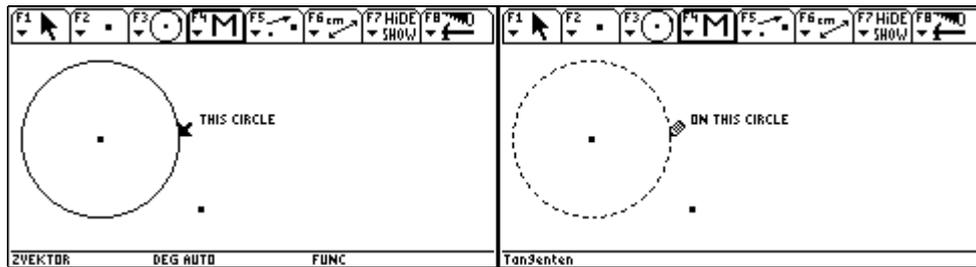
Wir führen den Stift zur Stelle, wo der Punkt liegen soll, und bestätigen mit **[ENTER]**.



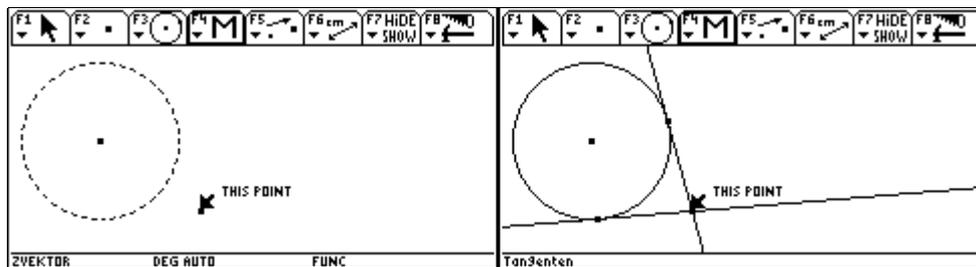
Das Makro wird angewendet: wir wählen **[F4]** 6:Macro Construction 1: Execute Macro. Ein Auswahlménü aller Makros (in unserem Fall erst eines) erscheint. Wir wählen unser Makro Tangenten aus und bestätigen mit **[ENTER]**.



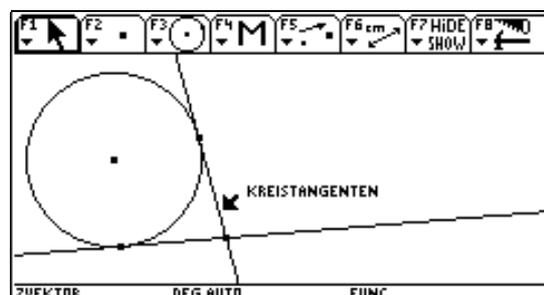
Dann führen wir den Pfeil zum Kreis, bis der Text THIS CIRCLE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Der Kreis wird strichliert dargestellt.



Anschließend ist das zweite Ausgangsobjekt - der Punkt - auszuwählen. Dazu führen wir den Pfeil zum Punkt, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Jetzt sollten die Tangenten gezeichnet werden.

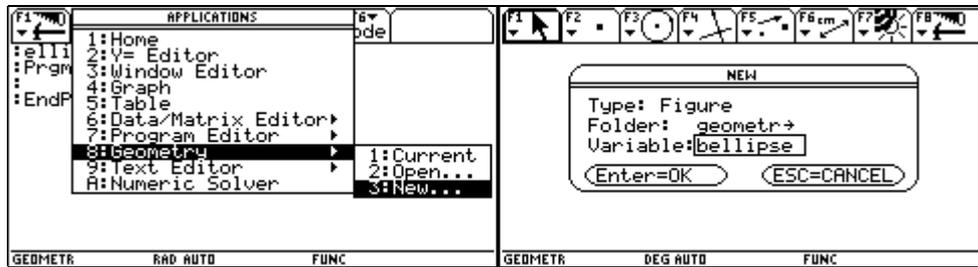


Führen wir den Pfeil zu den Tangenten, so erscheint der Text KREISTANGENTEN, das ist der von uns vorher festgelegte Objektname.

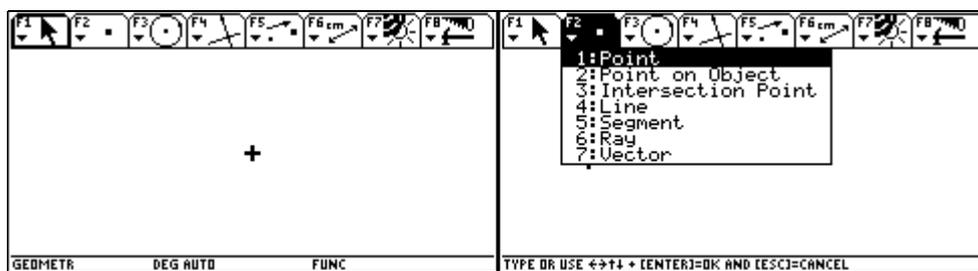


3 Ellipsenkonstruktion aus der Brennpunktdefinition

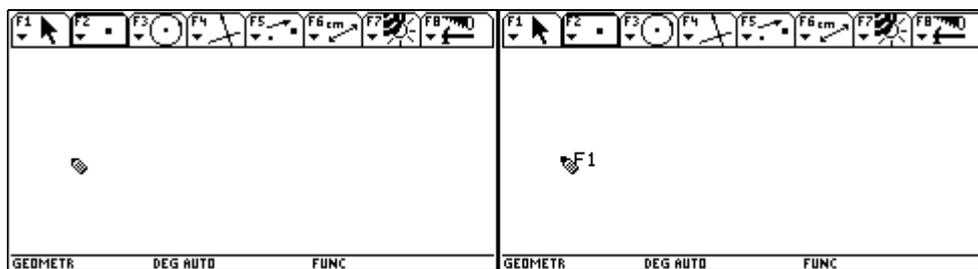
Mit **[APPS]** 8:Geometry 3:New beginnen wir eine neue Geometriesitzung und geben der Konstruktion im gewünschten Folder einen Namen, z.B. bellipse.



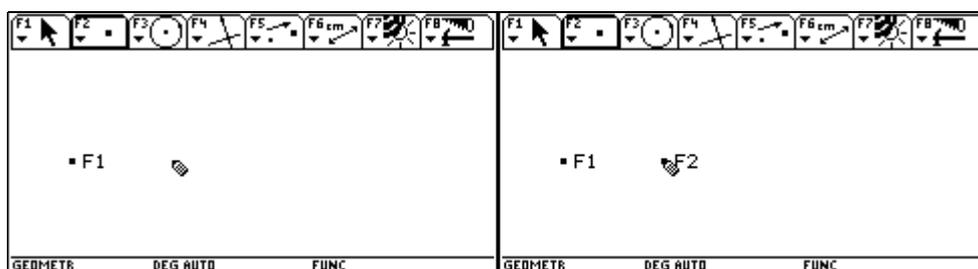
Der Zeichenbildschirm erscheint. Wir wählen **[F1]** 1:Point.



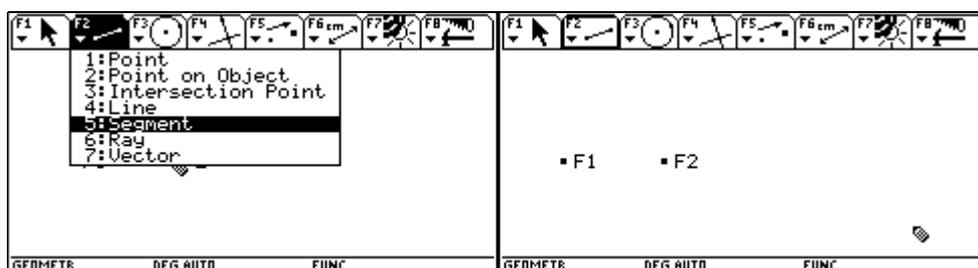
Wir führen den Zeichenstift an die Stelle, wo sich der Brennpunkt F1 der Ellipse befinden soll und bestätigen diese Position mit **[ENTER]**. Sofort danach geben wir die Bezeichnung F1 ein.



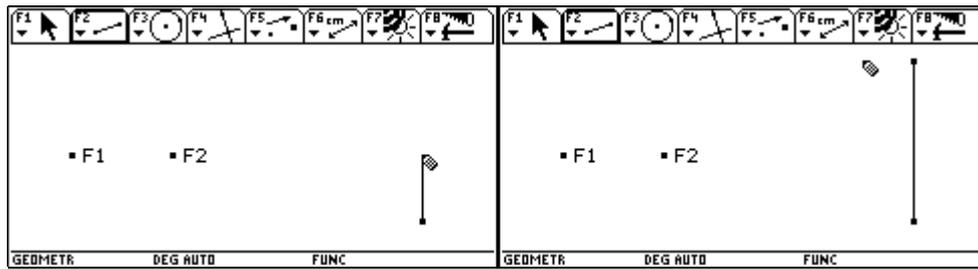
Wir führen den Zeichenstift an die Stelle, wo sich der Brennpunkt F2 der Ellipse befinden soll, bestätigen diese Position mit **[ENTER]** und bezeichnen den Punkt mit F2.



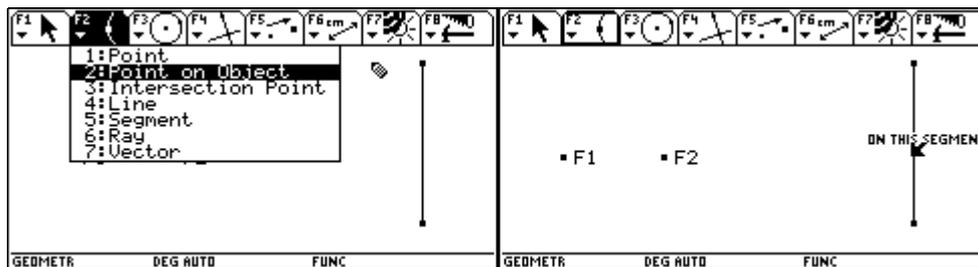
Dann wird die Strecke $2a$ (=Hauptachse) festgelegt. Dazu wählen wir erst **[F3]** 5:Segment, führen den Zeichenstift zum Anfangspunkt der Strecke und bestätigen mit **[ENTER]**.



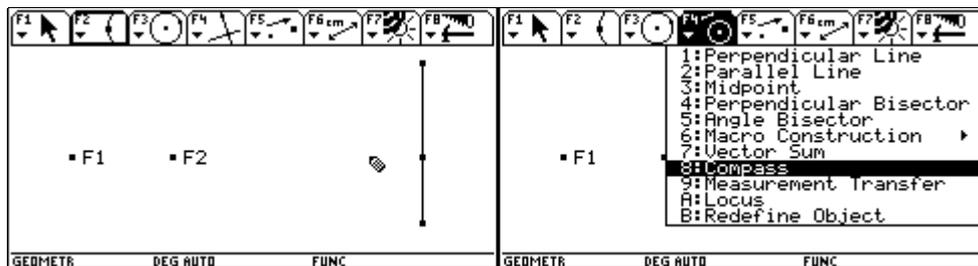
Dann bewegen wir den Stift zum Endpunkt der Strecke und bestätigen wieder mit **[ENTER]**.



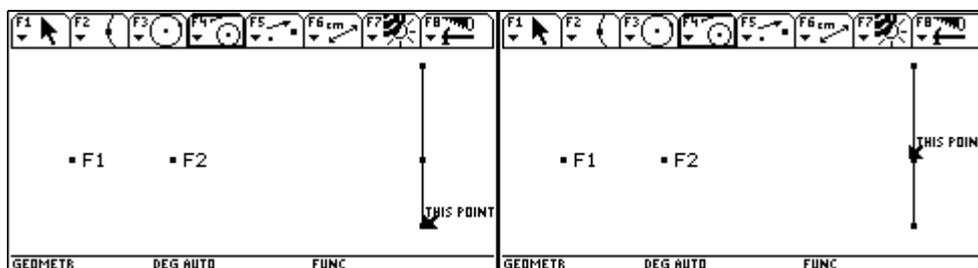
Jetzt werden wir einen Punkt auf der Strecke 2a festlegen. Wir wählen **[F2]** 2:Point on Object und führen den Pfeil zur Strecke, bis der Text ON THIS SEGMENT erscheint. Dann bestätigen wir diese Wahl mit **[ENTER]**.



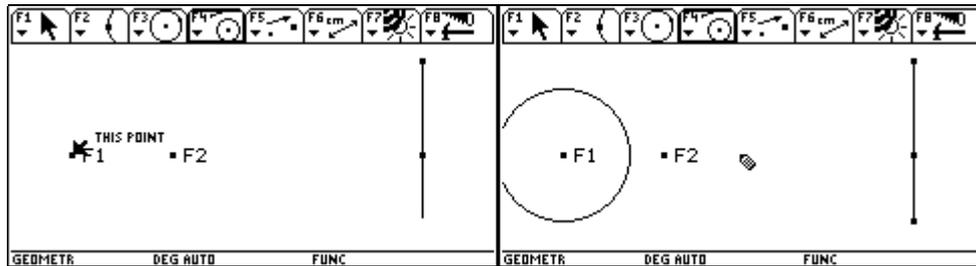
Der üblichen Zirkelkonstruktion folgend, wollen wir nun entsprechend der gewählten Aufteilung der Strecke Kreise um F1 und F2 zeichnen. Dazu wählen wir mit **[F4]** :Compass das "Zirkelwerkzeug".



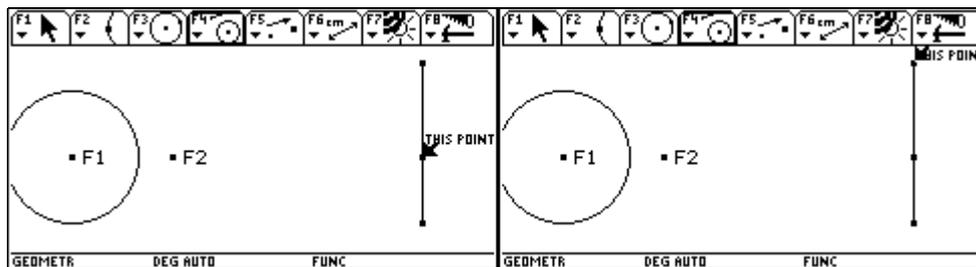
Dieser Befehl ermöglicht das Zeichnen eines Kreises aus Radius und Mittelpunkt. Zunächst wird der Radius durch den Abstand zwischen zwei Punkten bestimmt. Wir führen den Pfeil zum Anfangspunkt der Strecke 2a, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Der ausgewählte Punkt blinkt. Hernach führen wir den Pfeil zum Teilungspunkt der Strecke 2a, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Nun blinkt auch dieser Punkt.



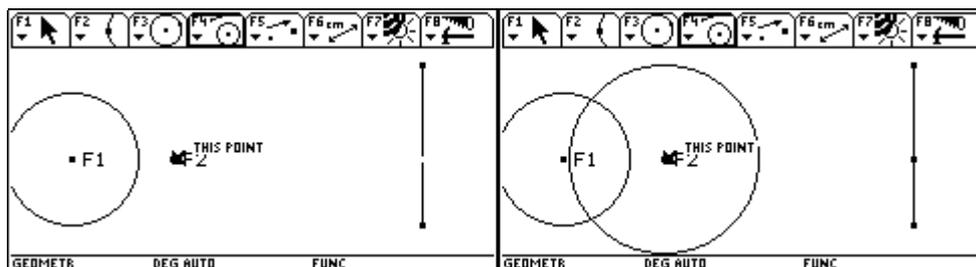
Zum Schluß wird der Mittelpunkt des Kreises festgelegt. Wir führen den Pfeil zum Brennpunkt F1, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Der gewünschte Kreis wird gezeichnet.



Mit dem noch aktiven Werkzeug Compass legen wir nun auch den zweiten Kreis fest. Zur Festlegung des Radius wählen wir den Teilungspunkt der Strecke 2a und ihren Endpunkt.

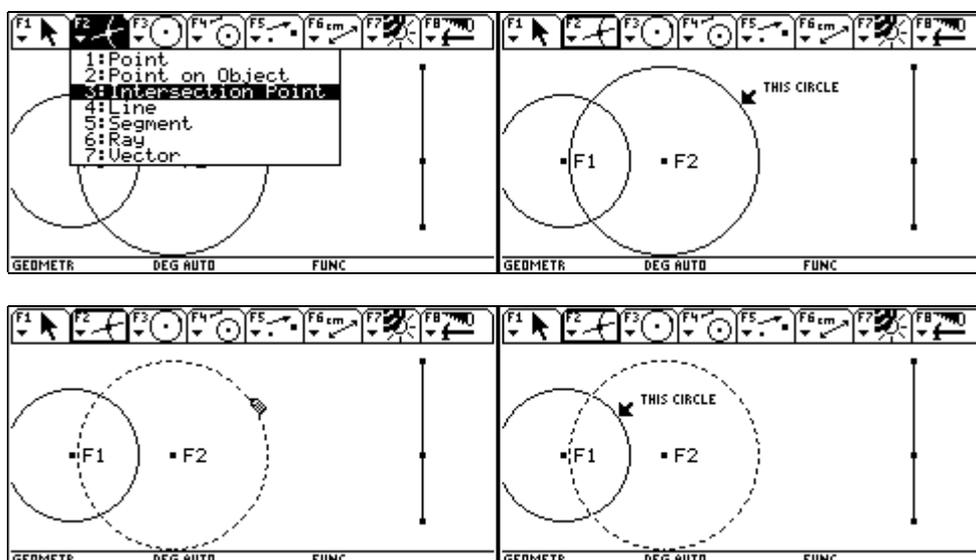


Als Mittelpunkt wählen wir den Brennpunkt F2. Der zweite Kreis wird gezeichnet.

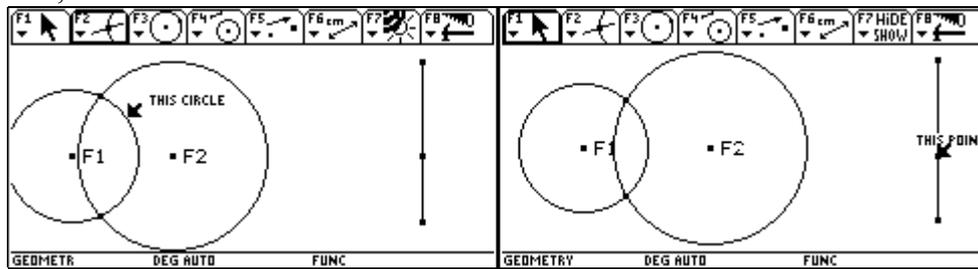


Die Schnittpunkte der Kreise sind Punkte der Ellipse. Wir wählen **[F2]** 3:Intersection Point. Wir führen den Pfeil zu einem der beiden Kreise, bis der Text THIS CIRCLE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.

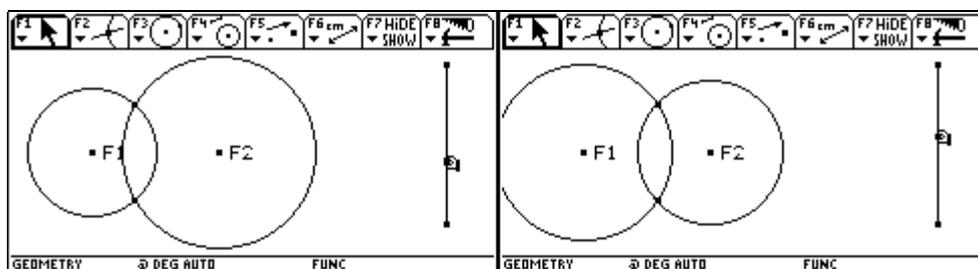
Der ausgewählte Kreis wird strichliert dargestellt. Dann führen wir den Pfeil zum anderen Kreis, bis wieder der Text THIS CIRCLE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



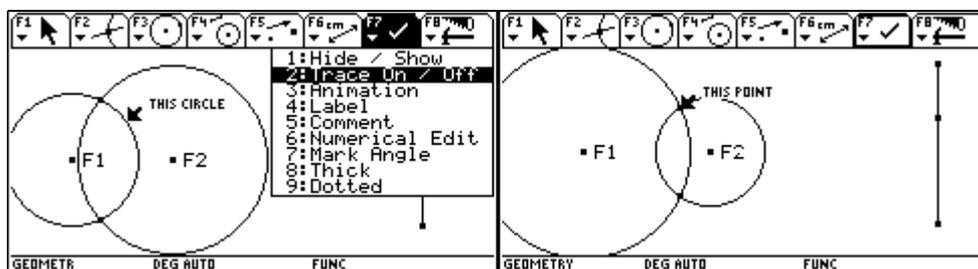
Die beiden Schnittpunkte werden markiert. Bei Bewegung des Teilungspunktes auf der Strecke 2a werden die Kreise und ihre Schnittpunkte mitverändert und damit andere Ellipsenpunkte erzeugt. Über **[ESC]** wird der Menüpunkt **[F1]** 1:Pointer aktiviert. Danach führen wir den Pfeil zum Teilungspunkt, bis der Text THIS POINT erscheint.



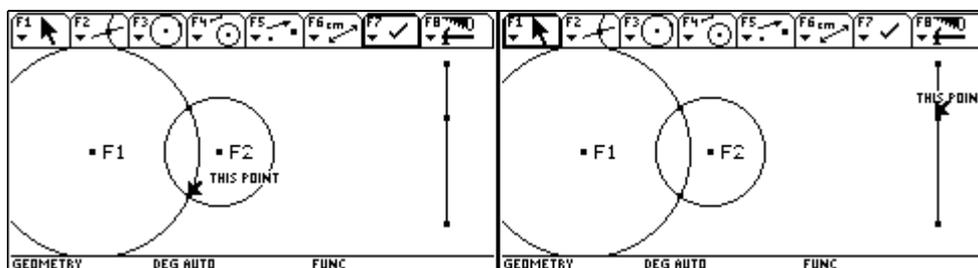
Mit der Handtaste  "ergreifen" wir diesen Punkt - und lassen ihn nicht aus. Drückt man zusätzlich  oder hinunter , so wird der Punkt entlang der Strecke 2a bewegt und dabei die Konstruktion simultan - dynamisch - mitverändert.



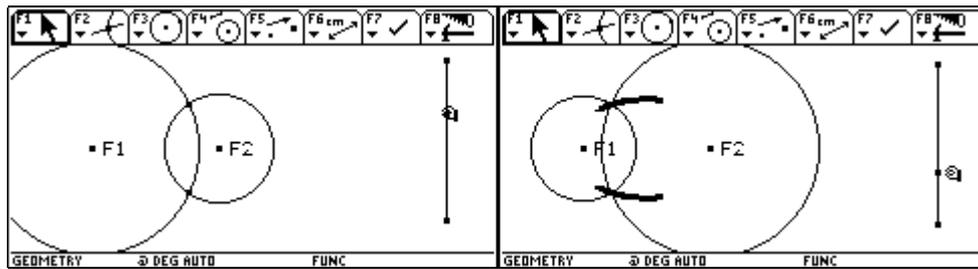
Nun wäre es interessant, die Bahnkurve der mitbewegten Ellipsenpunkte zu erzeugen. Das ist leicht möglich: dazu aktivieren wir **[F7]** 2:Trace On/Off. Dann bewegen wir den Pfeil zu einem der Kreisschnittpunkte, bis der Text THIS POINT erscheint - seine Ortslinie soll erzeugt werden -, und bestätigen mit **[ENTER]**.



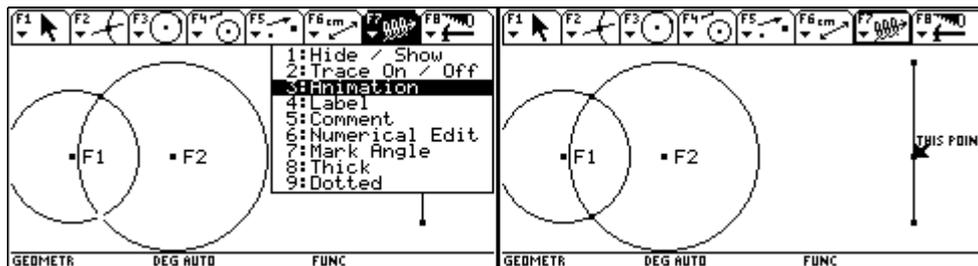
Ebenso verfahren wir mit dem anderen Schnittpunkt. Über **[ESC]** wird **[F1]** 1:Pointer aktiviert. Danach führen wir den Pfeil zum Teilungspunkt hin, bis der Text THIS POINT erscheint.



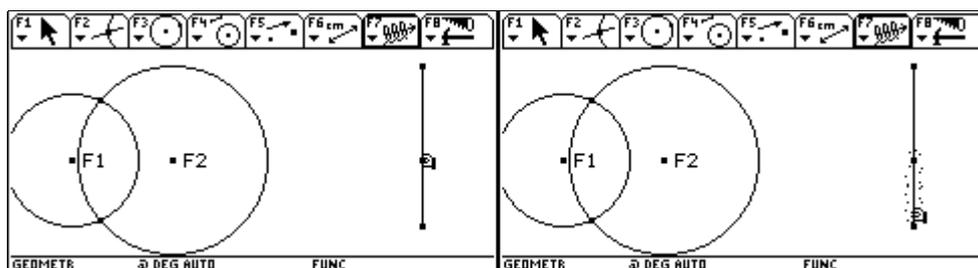
Jetzt bewegen wir auf die gleiche Weise, wie oben beschrieben, den Teilungspunkt auf der Strecke, wobei jetzt nicht nur die Punkte mitbewegt werden, sondern diese auch "Spuren" (= trace) hinterlassen. Die Bahnkurven der ausgewählten Punkte werden gezeichnet. Diese Bahnkurven können mit **[CLEAR]** wieder gelöscht werden.



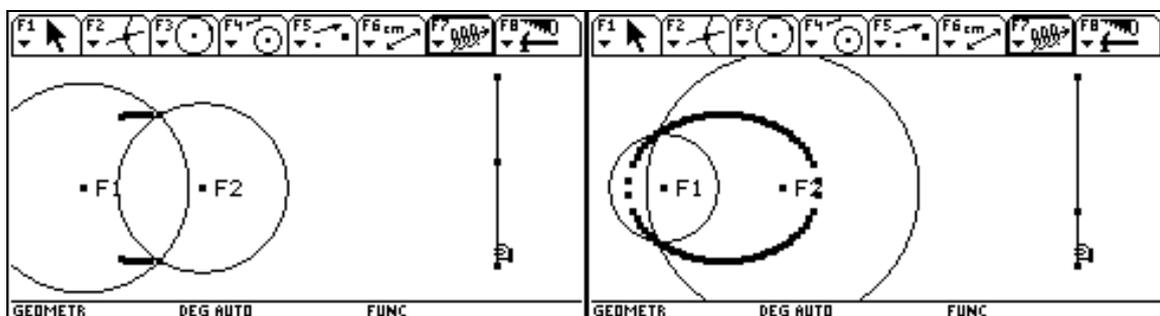
Dieser Vorgang kann automatisiert werden. Dazu wählen wir [F7] 3:Animation und führen den Pfeil nochmals zum Teilungspunkt der Strecke 2a, bis der Text THIS POINT erscheint.



Mit [↻] ergreifen wir wieder diesen Punkt und betätigen ⊖ oder ⊕. Die Faust zieht scheinbar eine am Punkt befestigte Feder nach unten oder oben aus. Von dem Ausmaß, mit dem die Feder ausgezogen wird, hängt das Tempo der Animation ab. Beim Loslassen aller Tasten beginnt die Animation zu laufen.

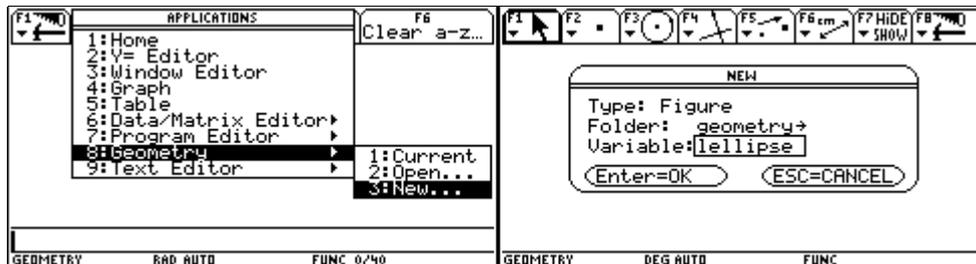


Mit [ESC] wird die Animation beendet und mit [CLEAR] werden die durch die Animation gezeichneten Ellipsenpunkte wieder gelöscht.

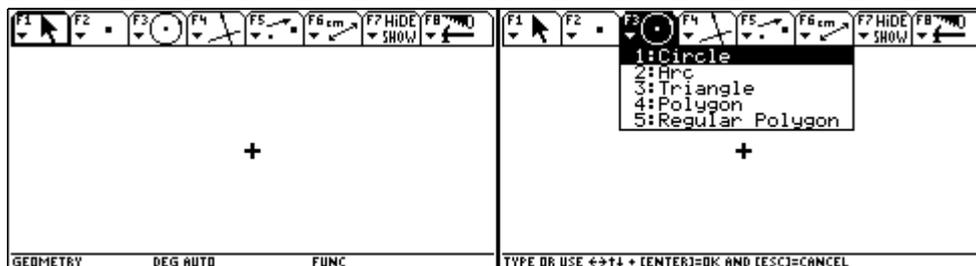


4 Ellipsenkonstruktion aus der Leitkreisdefinition

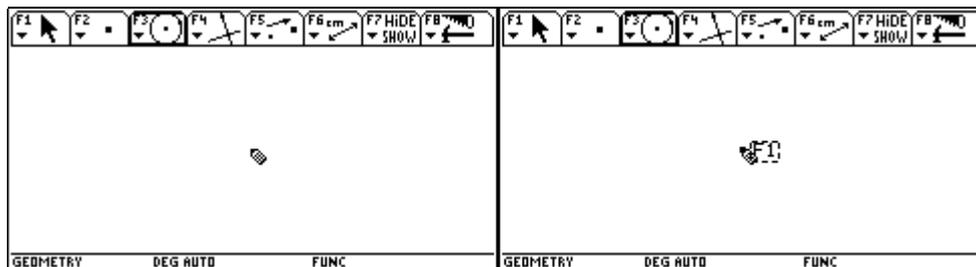
Mit **[APPS]** 8:Geometry 3:New beginnen wir eine neue Geometriesitzung und geben der Konstruktion im gewünschten Folder einen geeigneten Namen, z.B. lellipse.



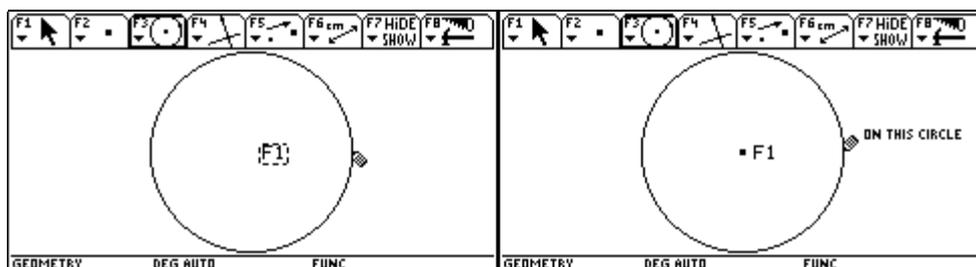
Der Zeichenbildschirm erscheint. Wir wählen **[F3]** 1:Circle.



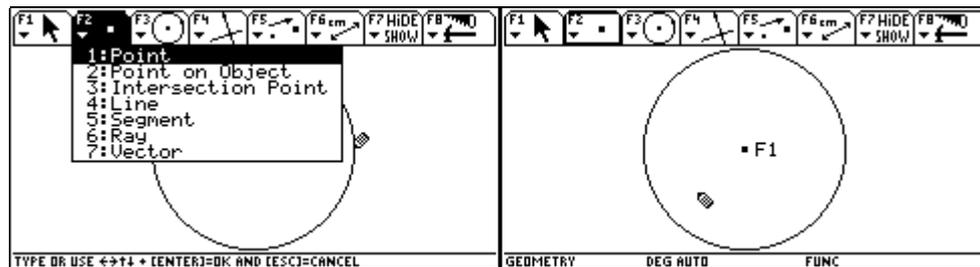
Wir führen den Zeichenstift an die Stelle, wo wir den Mittelpunkt des Kreises (Brennpunkt F1 der Ellipse) festlegen wollen. Wir bestätigen die gewählte Position mit **[ENTER]** und bezeichnen den Punkt mit F1.



Dann ziehen wir den Kreis mit den Cursorpaddtasten **[↻]** auf die gewünschte Größe auf und bestätigen diese mit **[ENTER]**.

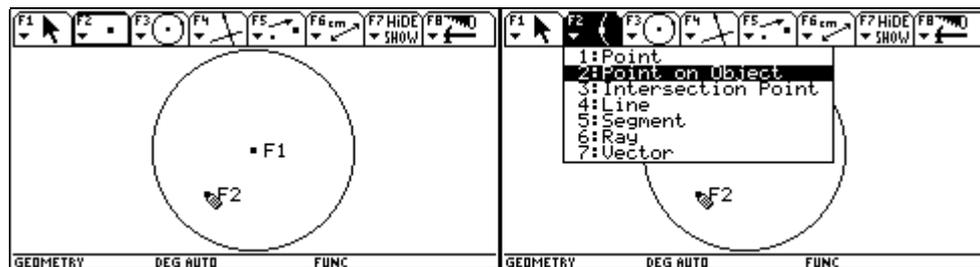


Wir wählen [F2] 1:Point und führen den Zeichenstift innerhalb des Kreises an die Stelle, wo wir den Brennpunkt F2 der Ellipse setzen wollen. Seine Position bestätigen wir durch [ENTER].

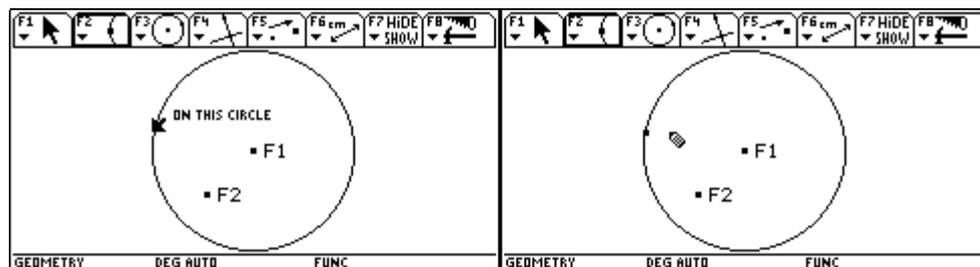


Unmittelbar danach geben wir F2 als Bezeichnung ein.

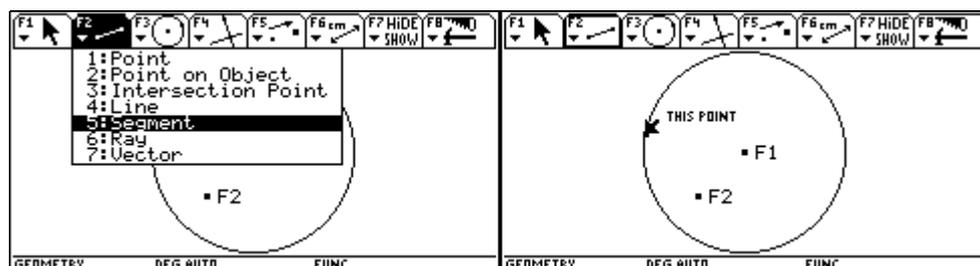
Dann wählen wir [F2] 2:Point on Object.



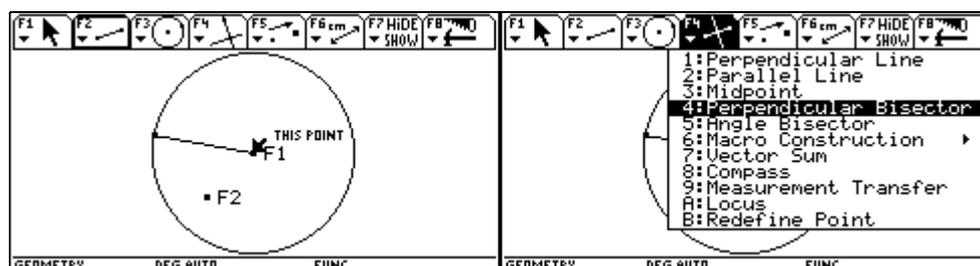
Wir führen den Pfeil zu einem beliebigen Punkt des Kreis, bis der Text ON THIS CIRCLE aufscheint, und bestätigen mit [ENTER].



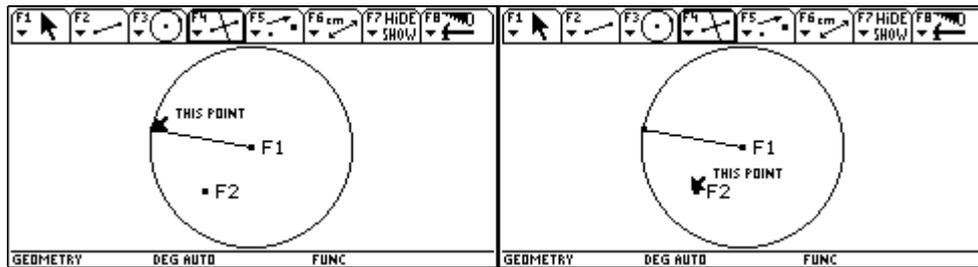
In der Folge wählen wir [F2] 5:Segment und führen den Pfeil zum eben festgelegten Punkt am Kreis, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen dann mit [ENTER].



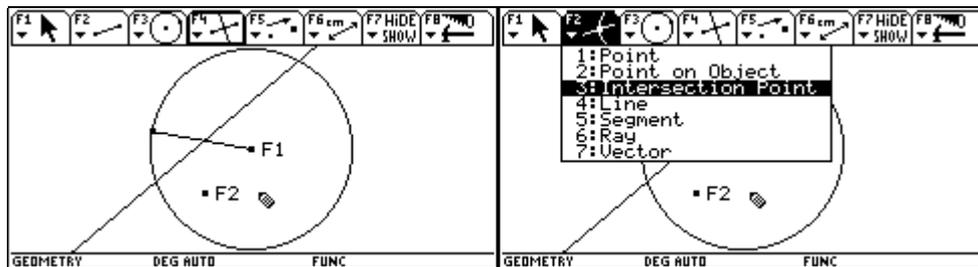
Dann führen wir das am Pfeil hängende "Gummiband" zum Kreismittelpunkt, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit [ENTER]. Danach konstruieren wir die Streckensymmetrale zwischen Kreispunkt und F2. Dazu wählen wir [F4] 4:Perpendicular Bisector.



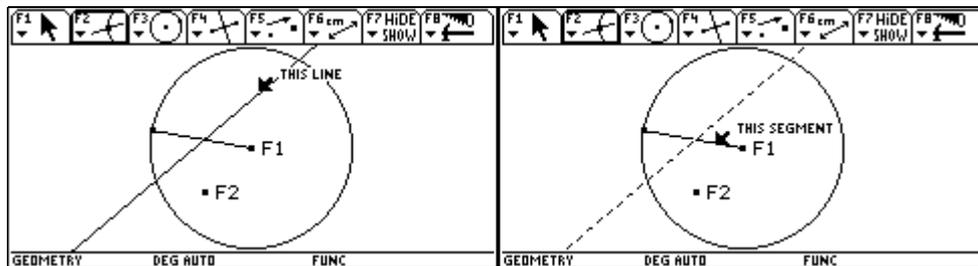
Wir führen den Pfeil zum Brennpunkt F2, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **ENTER**.



Anschließend bewegen wir den Pfeil zum Punkt am Kreis, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **ENTER**. Der Schnittpunkt von Streckensymmetrale und Kreisradius ist ein Ellipsenpunkt. Ihn bestimmen wir über **F2** 3:Intersection Point.



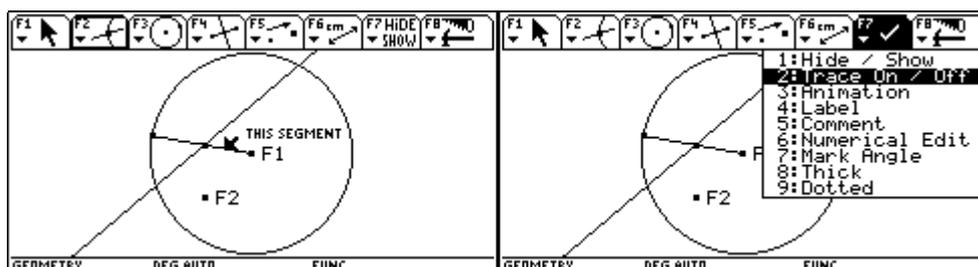
Wir führen den Pfeil zur Streckensymmetrale, bis der Text THIS LINE erscheint, und bestätigen dann mit **ENTER**. Die Streckensymmetrale wird strichliert dargestellt.



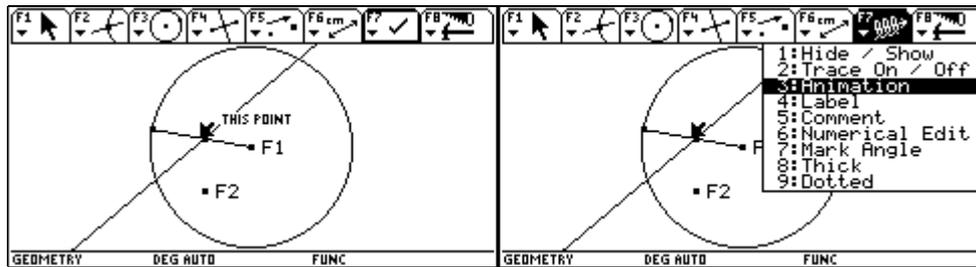
Dann führen wir den Pfeil zur Strecke (= Radius), bis der Text THIS SEGMENT erscheint, und bestätigen mit **ENTER**. Der Schnittpunkt von Strecke und Streckensymmetrale wird markiert. Für jeden beliebigen Punkt am Kreis ergibt die eben durchgeführte Konstruktion einen Punkt der Ellipse mit Brennpunkten F1 und F2 und der großen Achse gleich dem Kreisradius.

Daher werden wir den Punkt am Kreis bewegen und dabei die Bahnkurve des Schnittpunktes zeichnen lassen. Sie ist eine Ellipse.

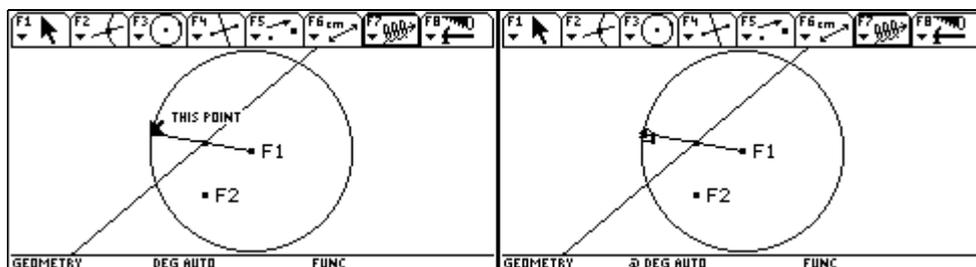
Dazu wählen wir **F7** 2:Trace On/Off.



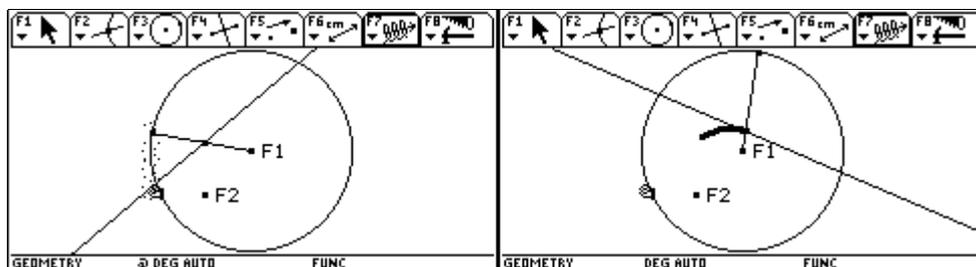
Wir führen den Pfeil zum Schnittpunkt, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Dadurch wird bei der folgenden Animation die Bahnkurve des Schnittpunktes gezeichnet. Für die Animation wählen wir **[F7]** 3:Animation.



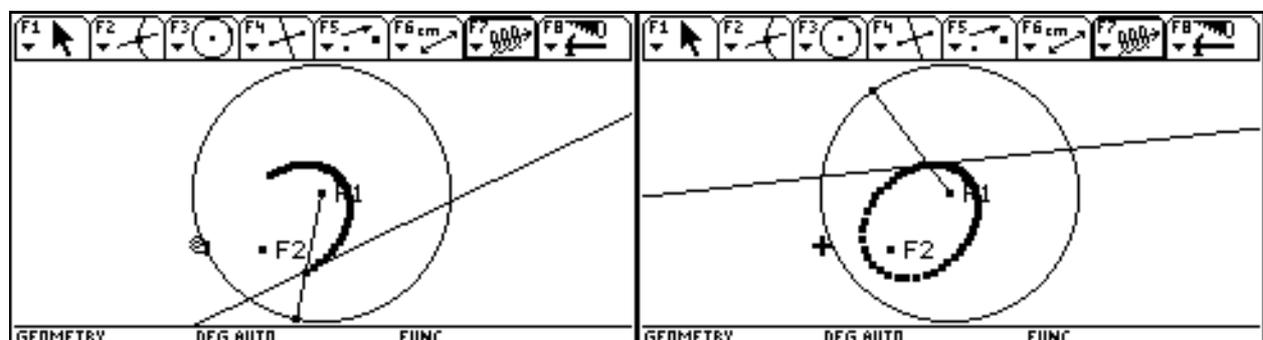
Wir führen den Pfeil zum Punkt am Kreis, bis der Text THIS POINT erscheint und ergreifen diesen Punkt durch Drücken der Handtaste **[F7]**. Der Pfeil verwandelt sich in eine Faust, die den Punkt umschließt.



Bei gedrückter Handtaste **[F7]** betätigen wir nun das Cursorpad **[F8]**. Die Faust zieht eine am Punkt befestigte Feder aus. Die Länge der ausgezogenen Feder bestimmt das Tempo der Animation. Nach Loslassen aller Tasten beginnt die Animation zu laufen.

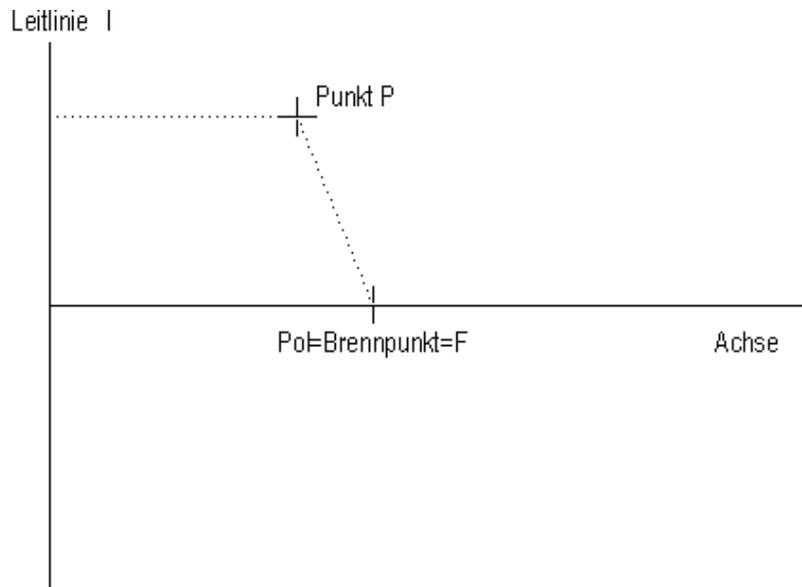


Mit **[ESC]** kann die Animation abgebrochen werden. Mit **[CLEAR]** kann die gezeichnete Bahnkurve gelöscht werden



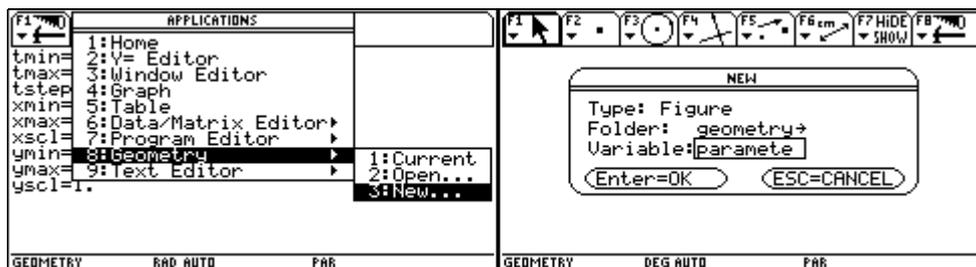
5 Die Kegelschnitte aus der Leitliniendefinition

Zunächst eine kurze Erklärung:

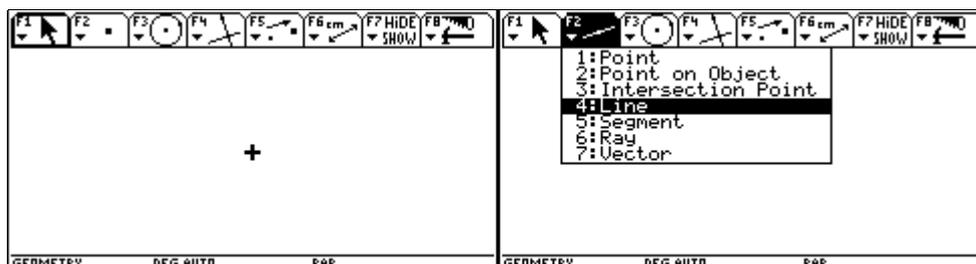


Die Menge aller Punkte P für die das Verhältnis $\epsilon = \frac{PF}{Pl}$ (numerische Exzentrizität) der Abstände vom Brennpunkt und der Leitgeraden konstant ist, stellt einen Kegelschnitt dar. Für $\epsilon = 1$ erhält man eine Parabel, für $\epsilon < 1$ erhält man eine Ellipse und für $\epsilon > 1$ eine Hyperbel.

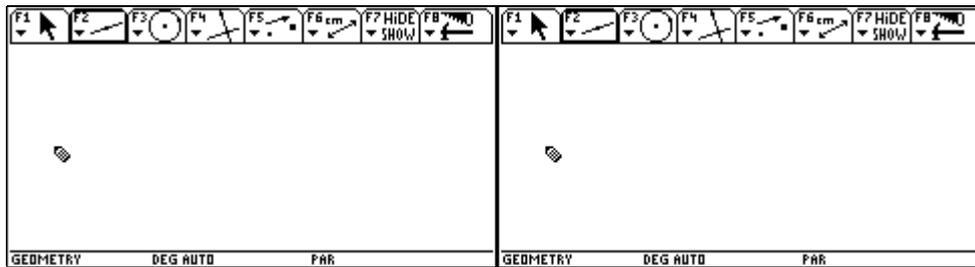
Mit **[APPS]** 8:Geometry 3:New legen wir eines neues Zeichenblatt an und geben ihm im gewünschten Folder (hier geometry) einen geeigneten Namen (hier paramete).



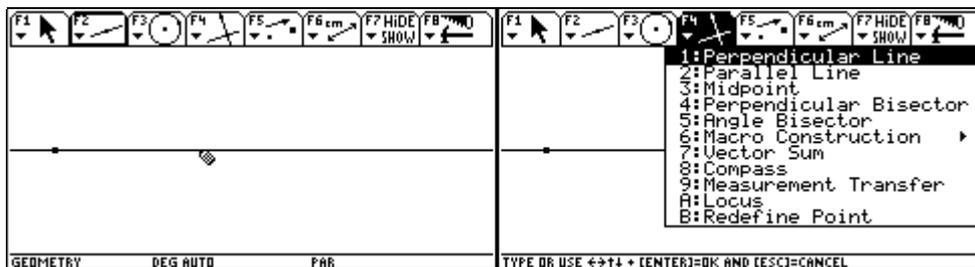
Es erscheint ein leeres Zeichenblatt mit dem Cursor. Zunächst wird die Achse der Kegelschnitte angelegt. Dazu zeichnen wir eine Gerade: **[F2]** 4:Line.



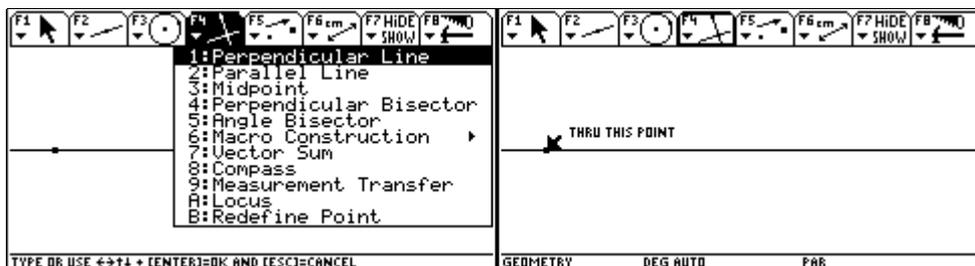
Dann führen wir den Zeichenstift mit dem \odot ungefähr an die angegebene Position und bestätigen mit **[ENTER]**. Unter dem Zeichenstift erscheint die quadratische Markierung für einen Punkt.



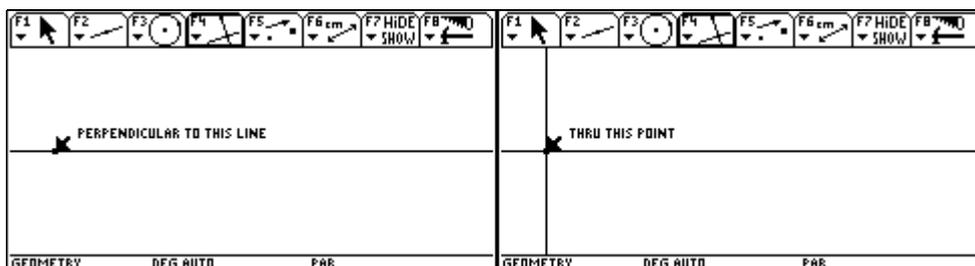
Mit \odot erscheint eine horizontale Gerade. Wir bestätigen mit **[ENTER]**. Nun wird die Leitlinie gezeichnet. Wir wählen **[F4]** 1:Perpendicular Line.



Dann führen wir den Pfeil zu dem Punkt, durch den wir die Achse festgelegt haben, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.

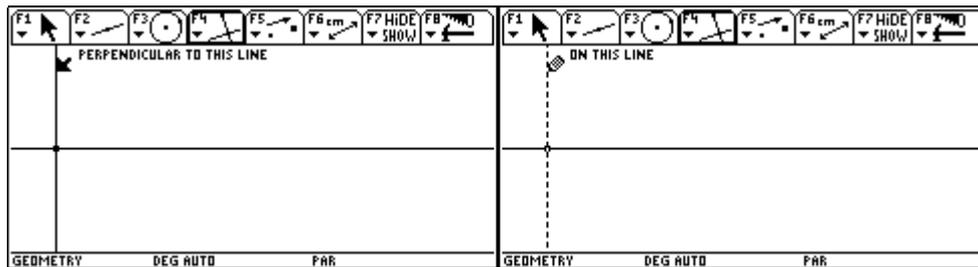


Sofort anschließend erscheint der Text PERPENDICULAR TO THIS LINE, der mit **[ENTER]** bestätigt wird. Damit ist auch die Leitlinie festgelegt.

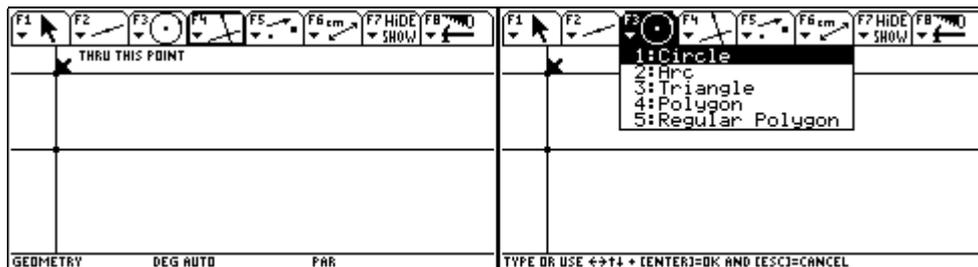


Jetzt errichten wir an beliebiger Stelle eine normale Gerade auf die Leitlinie, um danach auf ihr Abstände abtragen zu können. Einen gleich großen Abstand wie vom Brennpunkt, um eine Parabel, einen größeren Abstand als vom Brennpunkt, um eine Ellipse, und einen kleineren Abstand als vom Brennpunkt, um eine Hyperbel zu erhalten.

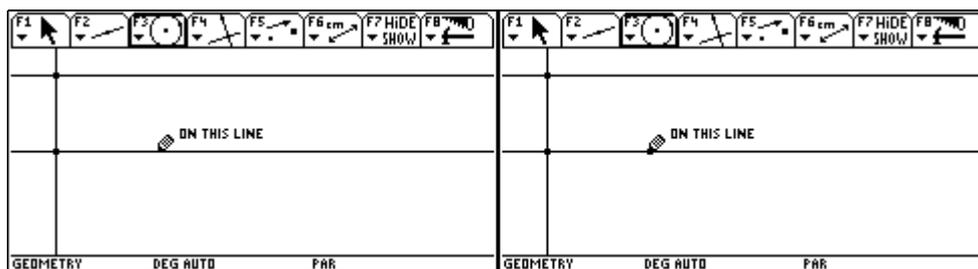
Wir führen den Pfeil die Leitlinie entlang etwa bis zur abgebildeten Position. Der Text PERPENDICULAR TO THIS LINE erscheint, da dieses Werkzeug noch immer aktiv ist. Wir bestätigen mit **[ENTER]**, worauf der Text ON THIS LINE erscheint, der wieder mit **[ENTER]** bestätigt wird.



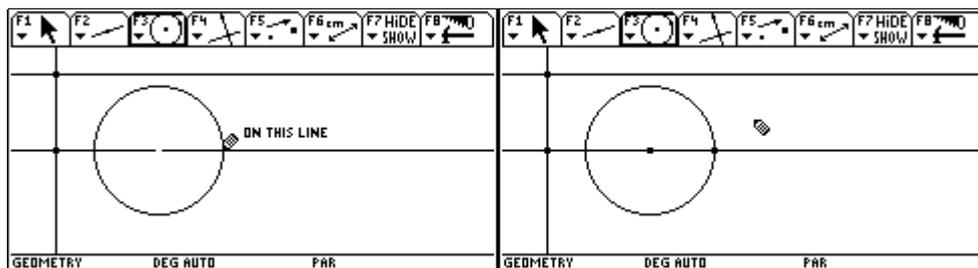
Die Normale erscheint. Nun wollen wir den Brennpunkt und einen beliebigen Abstand von diesem Brennpunkt festlegen. Wir wählen [F2] 1:Circle.



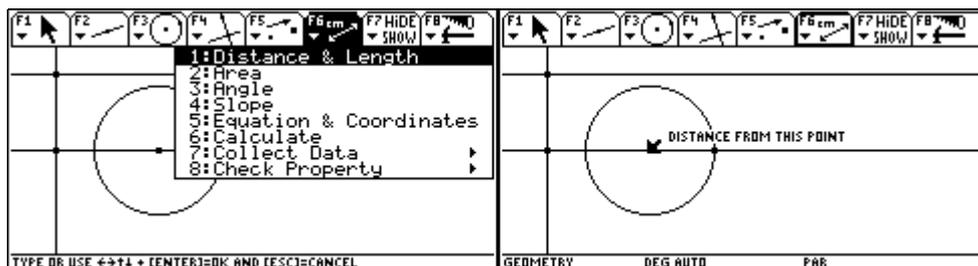
Wir führen den Pfeil etwa zur angegebenen Position, bis der Text ON THIS LINE erscheint, und bestätigen mit [ENTER]. Der Brennpunkt wird jetzt markiert dargestellt.



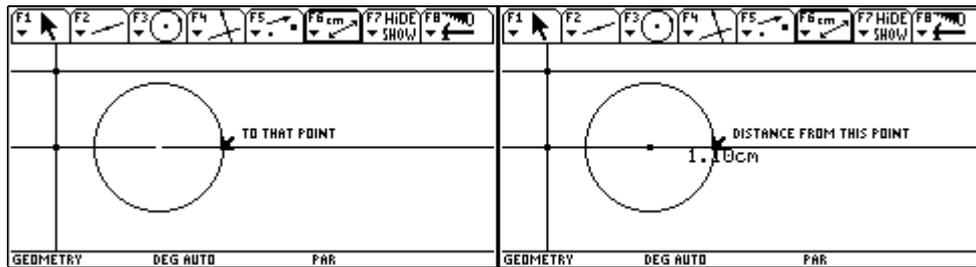
Dann bewegen wir den Pfeil mit \odot entlang der Achse, um einen Abstand vom Brennpunkt festzulegen. Bevor wir mit [ENTER] bestätigen, kontrollieren wir, ob auch der Text ON THIS LINE eingeblendet ist, denn der Radiuspunkt muss auf der Achse liegen.



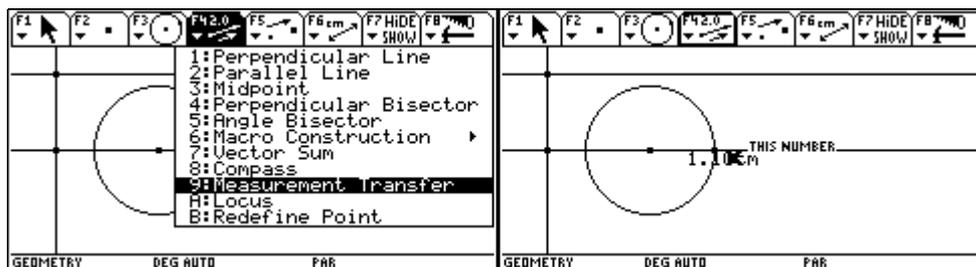
Nun wollen wir diesen Abstand messen. Wir wählen [F6] 1:Distance & Length und führen den Pfeil zum Brennpunkt, bis der Text DISTANCE FROM THIS POINT erscheint, und bestätigen mit [ENTER].



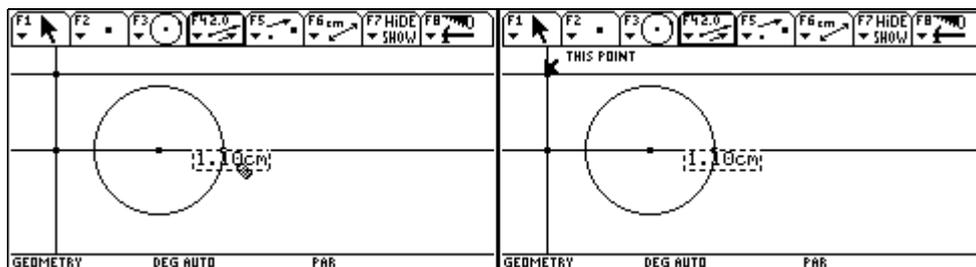
Dann führen wir den Pfeil zum Radiuspunkt, bis der Text TO THAT POINT erscheint, was wieder mit **[ENTER]** bestätigt wird. Dadurch wird der Abstand eingblendet.



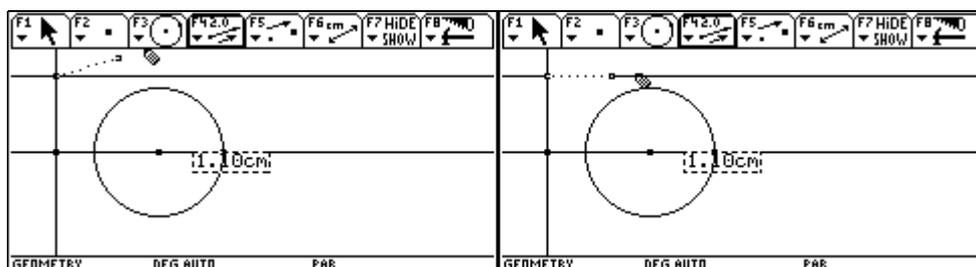
Nun werden wir diese Länge von der Leitlinie aus abtragen. Wir wählen **[F4]** 9:Measurement Transfer und führen den Pfeil zur Längenangabe, bis der Text THIS NUMBER erscheint.



Wir bestätigen mit **[ENTER]** diese Zahl und sie wird durch ein strichliertes Rechteck als ausgewählt dargestellt. Dann führen wir den Pfeil zum Schnittpunkt der Leitlinie mit der Normalen, von wo aus wir die Länge abtragen wollen, bis der Text THIS POINT erscheint.

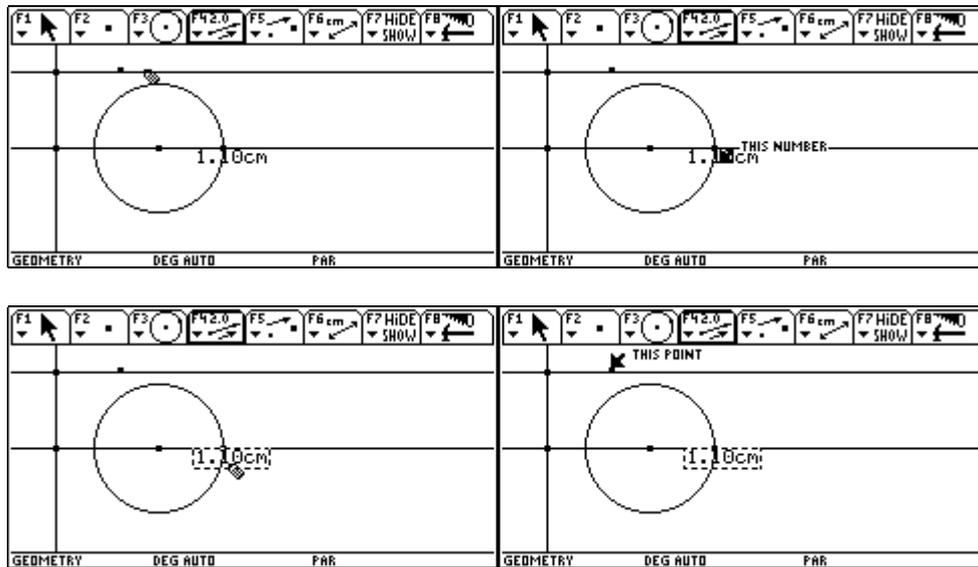


Wir bestätigen mit **[ENTER]** und die abzutragende Strecke folgt den Bewegungen des Zeichenstiftes mit dem \odot . Wir setzen den Pfeil genau auf unsere Normale.

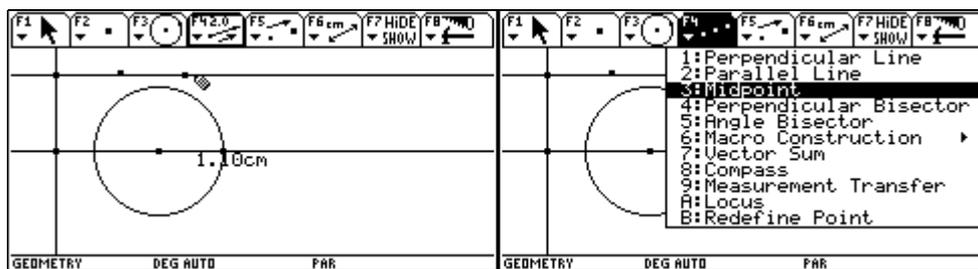


Wir bestätigen mit **[ENTER]** und die Strecke wird auf der Normalen abgetragen. Dieser Punkt lässt dann auf einem kleinen Umweg die Parabel entstehen. Um die doppelte Länge abzutragen, wiederholen wir den Vorgang. Wir führen den Pfeil wieder zur Längenangabe, bis der Text THIS NUMBER erscheint.

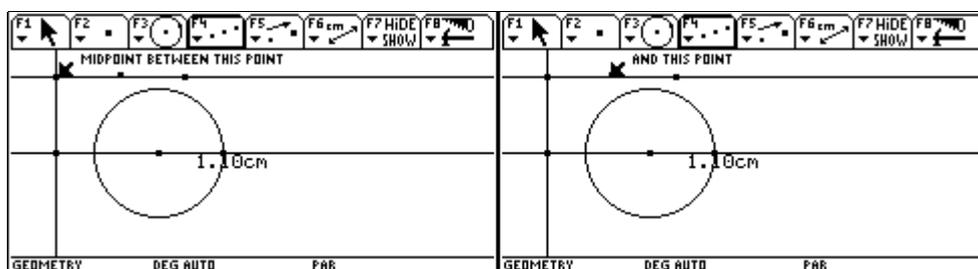
Wir bestätigen mit **[ENTER]** und die ausgewählte Längenangabe wird durch ein strichliertes Rechteck als ausgewählt dargestellt. Dann führen wir den Pfeil zum Endpunkt der eben abgetragenen Strecke, bis der Text THIS POINT erscheint.



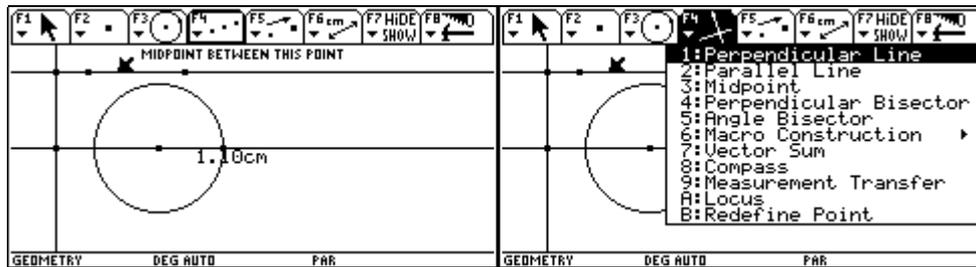
Wir bestätigen mit **[ENTER]**, die abzutragende Strecke hängt wieder am Zeichenstift. Wir führen den Zeichensstift wieder zur Normalen und fixieren das Abtragen mit **[ENTER]**. Dieser Punkt ist für die Erzeugung der Ellipse notwendig. Nun noch zur Hyperbel: Wir wählen **[F4]** 3:Midpoint, um auch den halben Abstand zu bestimmen.



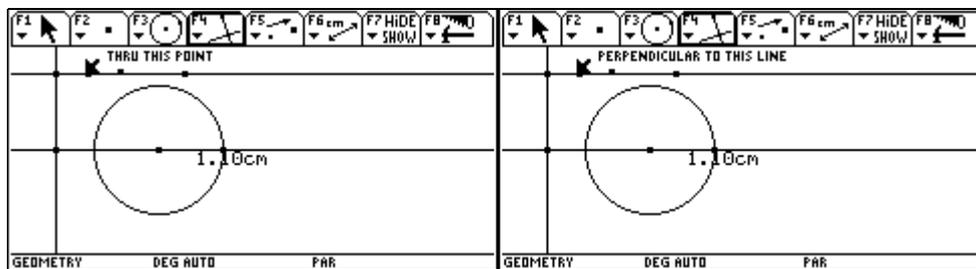
Wir führen den Pfeil zum Schnittpunkt zwischen Leitlinie und Normaler, bis der Text MIDPOINT BETWEEN THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Dann führen wir den Pfeil zum Endpunkt der ersten Strecke, bis der Text AND THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



Der Mittelpunkt zwischen den beiden ausgewählten Punkte wird eingezeichnet. Nun wollen wir die parallelen Geraden zur Leitlinie in den entsprechenden Abständen einzeichnen. Dazu wählen wir **[F4]** 1:Perpendicular Line.

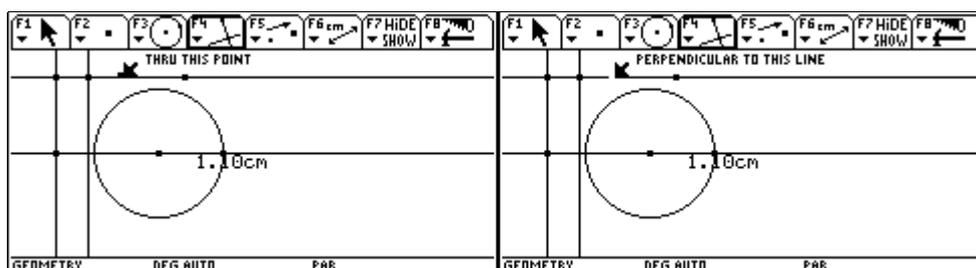


Wir führen den Pfeil zum Punkt, dessen Abstand von der Leitlinie halb so groß ist wie der gemessene Kreisradius, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Die sofort folgende Aufforderung PERPENDICULAR TO THIS LINE bestätigen wir auch mit **[ENTER]**. Die Parallele zur Leitlinie wird gezeichnet.



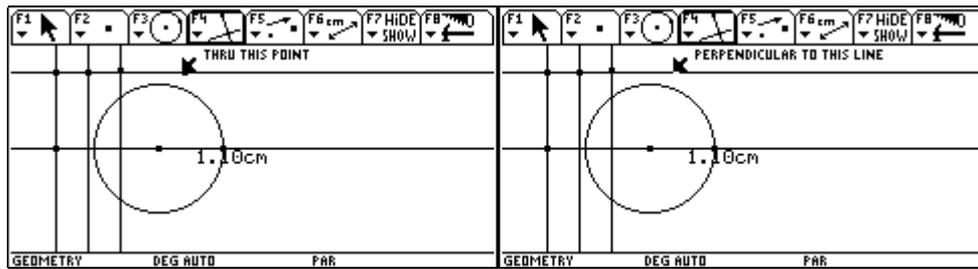
Gäbe es einen Schnittpunkt von Leitlinie und Kreis, dann wäre das Verhältnis der Abstände dieses Punktes von Brennpunkt und Leitlinie $2:1 = 2$, damit > 1 und es entsteht gemäß der Erklärung am Beginn eine Hyperbel.

Nun führen wir den Pfeil zum Punkt, dessen Abstand von der Leitlinie gleich groß ist wie der gemessene Kreisradius, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Den sofort folgenden Text PERPENDICULAR TO THIS LINE bestätigen wir auch mit **[ENTER]**. Die Parallele zur Leitlinie wird gezeichnet.

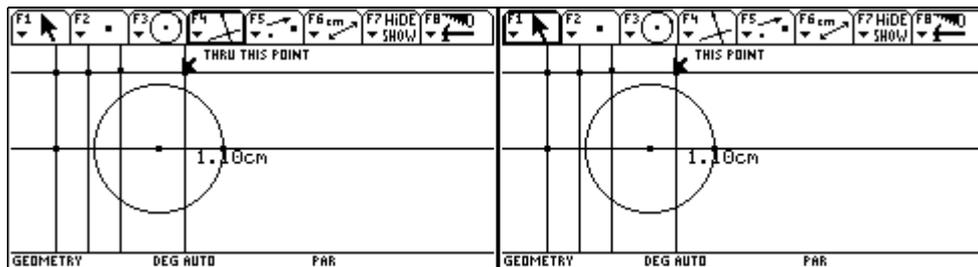


Die entstehenden Schnittpunkte dieser Geraden mit dem Kreis sind von Brennpunkt und Leitlinie gleich weit entfernt, das ergibt 2 Parabelpunkte.

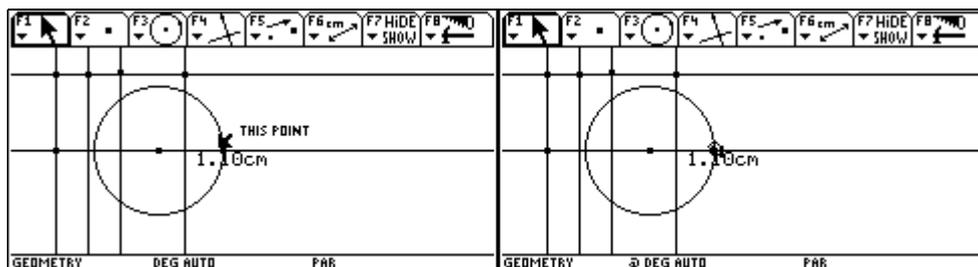
Dann führen wir den Pfeil zum Punkt, dessen Abstand von der Leitlinie am größten ist bis der Text THRU THIS POINT erscheint und bestätigen mit **[ENTER]**. Den sofort folgenden Text PERPENDICULAR TO THIS LINE bestätigen wir auch und die letzte Parallele zur Leitlinie wird gezeichnet, deren Schnittpunkte mit dem Kreis jeweils vom Brennpunkt halb so weit entfernt liegen wie von der Leitlinie, was mit $\epsilon = 0,5$ für eine Ellipse spricht.



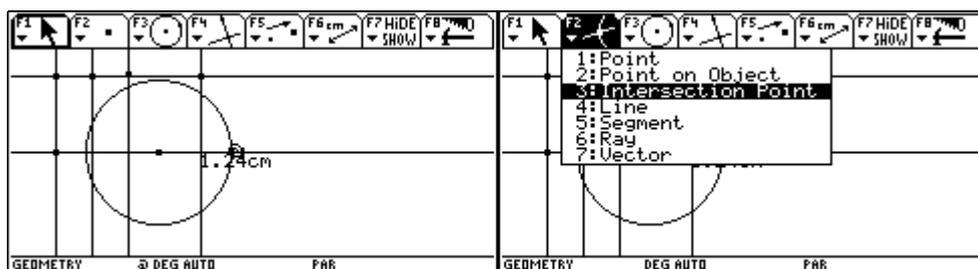
Mit **[ESC]** gelangen wir in **[F1]** über zum 1: Pointer.



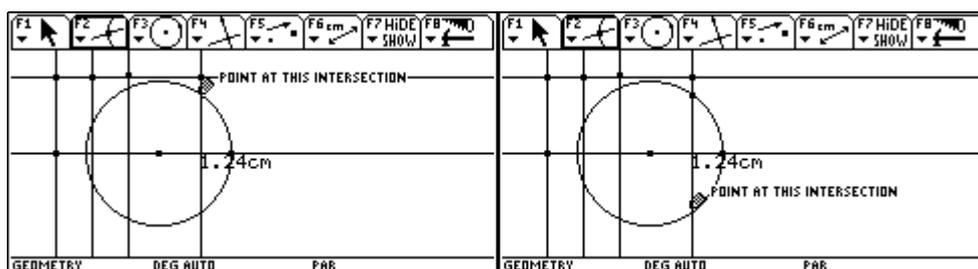
Wir führen den Pfeil zum Radiuspunkt des Kreises, bis der Text THIS POINT erscheint. Dann drücken wir die **[ENTER]** und lassen sie gedrückt.

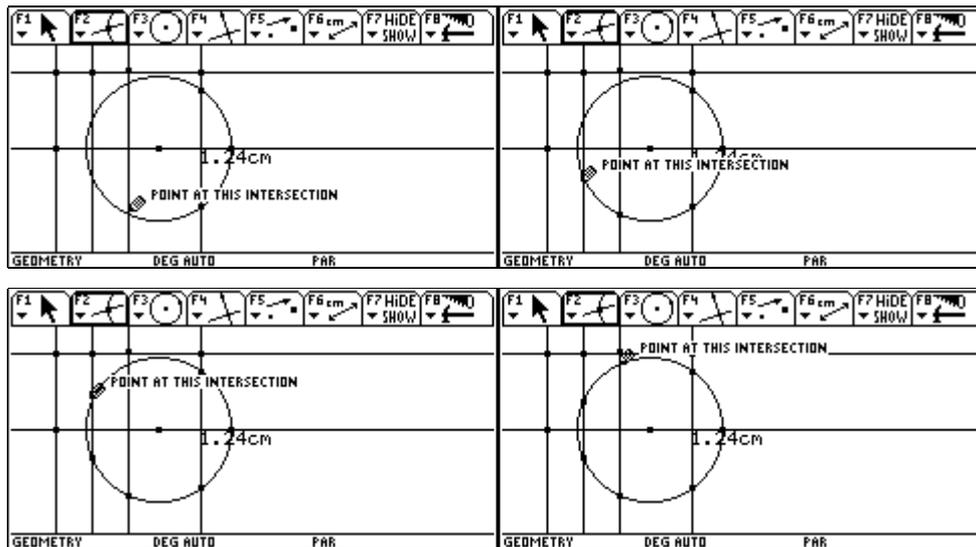


Mit gedrückter **[ENTER]**-Taste können wir nun mit dem Cursorpad **[↑]** den Kreisradius so verändern, dass der Kreis alle Parallelen zur Leitlinie zweimal schneidet und damit je zwei Punkte aller entstehenden Kegelschnitte erzeugt. Um diese 6 Schnittpunkte zu bestimmen wählen wir **[F2]** 3:Intersection Point.



Dann führen wir den Zeichenstift nacheinander zu diesen Schnittpunkten. Wir bestätigen jeweils mit **[ENTER]**, nachdem der Text POINT AT THIS INTERSECTION aufgezeigt wurde.





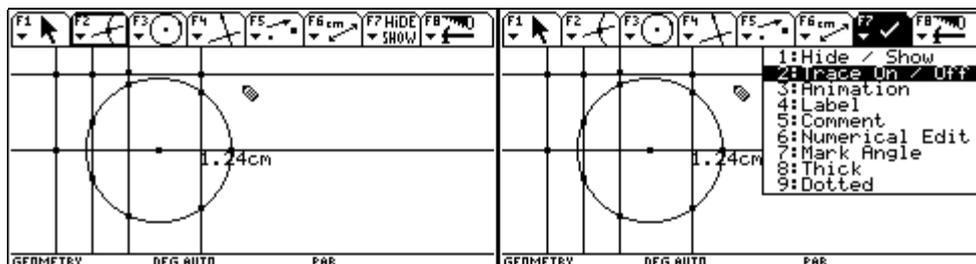
Zum Schluss müssen alle 6 Schnittpunkt markiert sein.

Die Schnittpunkte mit der zur Leitlinie am nächsten gelegenen Parallelen, sind vom Brennpunkt doppelt soweit entfernt wie von der Leitlinie und gehören daher zu einer Hyperbel mit $\varepsilon = 2$.

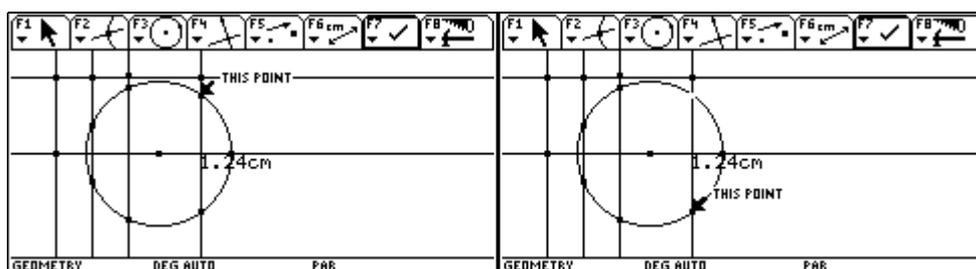
Die Schnittpunkte mit der nächsten Parallelen, sind vom Brennpunkt gleichweit entfernt wie von der Leitlinie und gehören daher zu einer Parabel mit $\varepsilon = 1$.

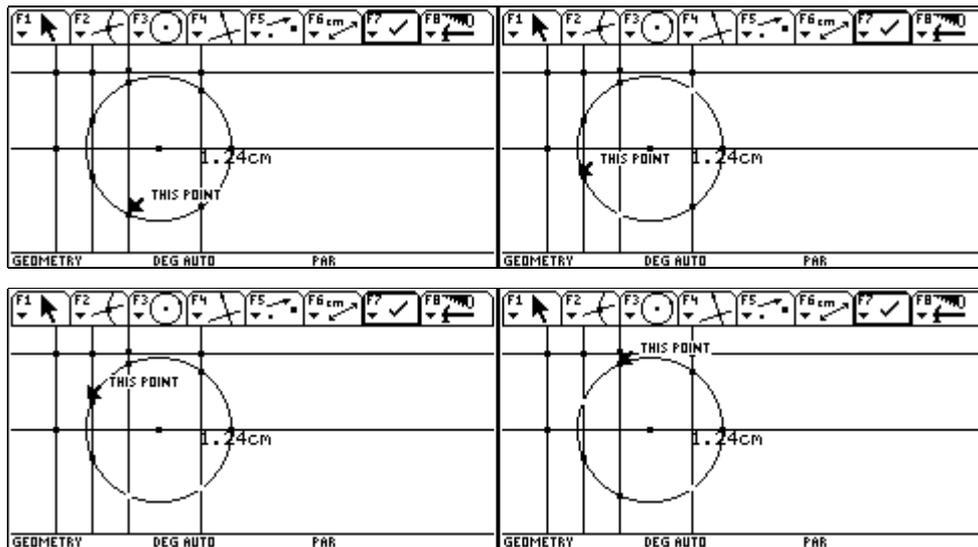
Die Schnittpunkte mit der letzten Parallelen sind vom Brennpunkt halb soweit entfernt wie von der Leitlinie und gehören daher zu einer Ellipse mit $\varepsilon = \frac{1}{2}$.

Nun werden wir durch dynamische Veränderung des Kreisradius die Ortskurven der Kegelschnitte entstehen lassen. Dazu wählen wir [F7] 2:Trace On/Off.

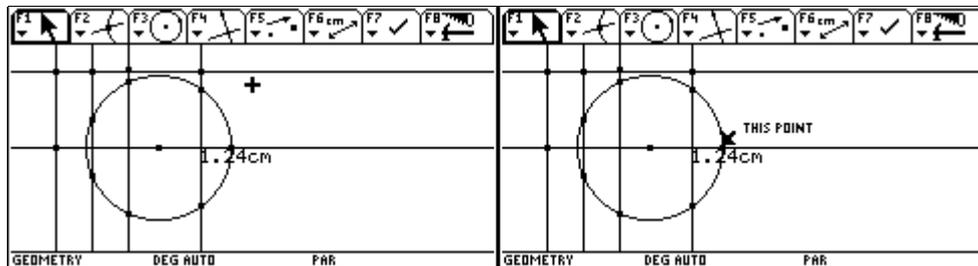


Nun werden der Reihe nach alle 6 Schnittpunkte mit dem Pfeil angefahren, bis jeweils der Text THIS POINT erscheint, und immer mit [ENTER] bestätigt. Schon ausgewählte Punkte werden blinkend dargestellt.

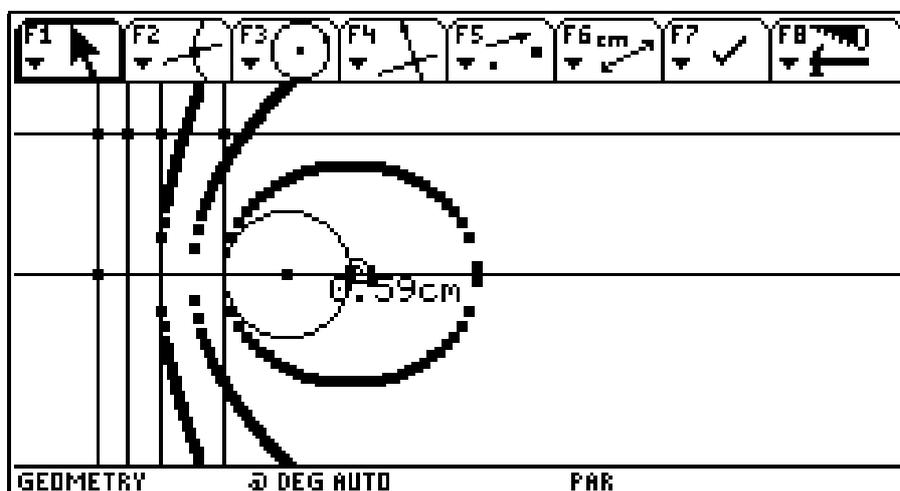
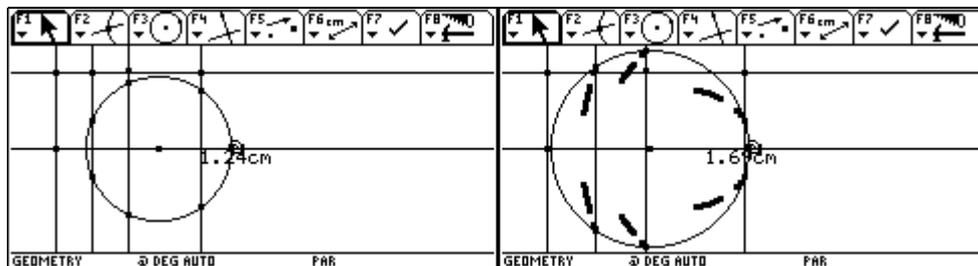




Mit **[ESC]** wechseln wir in das Menü **[F1]** 1:Pointer und führen den Pfeil zum Radiuspunkt des Kreises, bis der Text THIS POINT erscheint.



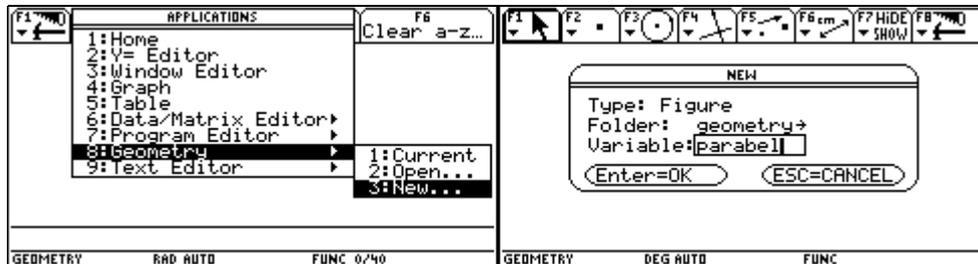
Wir halten den Punkt mit **[☒]** und können wie gewohnt mit **[⊕]** den Kreisradius verändern. Die Spuren der 6 ausgewählten Punkte erzeugen dabei in eindrucksvoller Weise die Kegelschnitte.



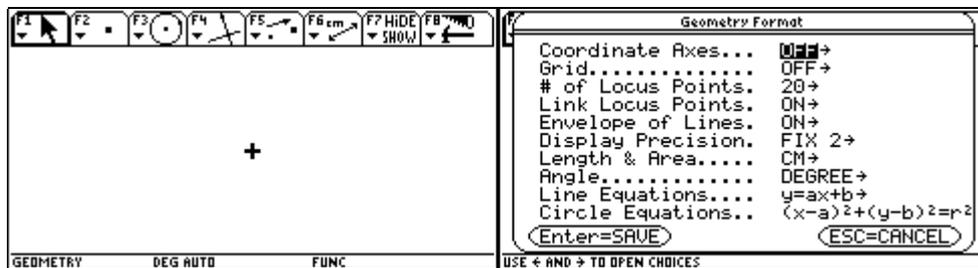
6 Parabelkonstruktionen

Brennpunktsdefinition und Graph einer quadratischen Funktion

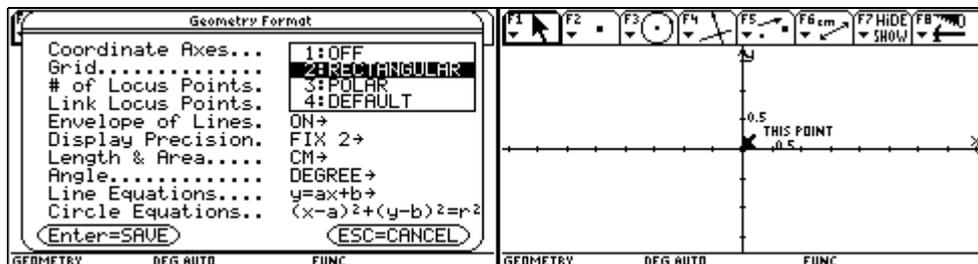
Mit [APPS] 8:Geometry 3:New eröffnen wir eine neue Geometriesitzung und geben der Konstruktion im gewünschten Folder einen Namen (z.B. wie hier parabel).



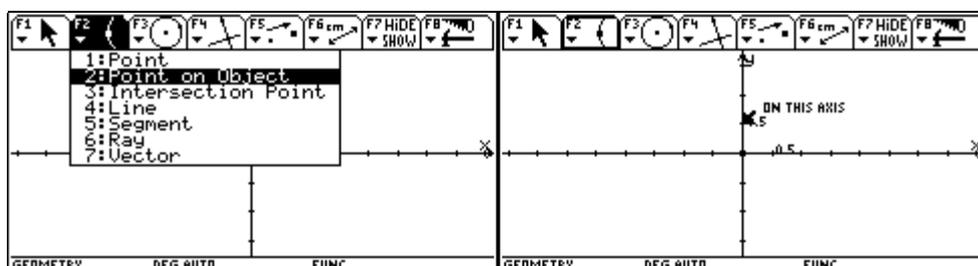
Der Zeichenbildschirm erscheint. Mit \blacklozenge [F] rufen wir die Formateinstellungen auf.



Bei Coordinate Axes stellen wir von OFF um auf RECTANGULAR. Ein rechtwinkliges Koordinatensystem wird eingeblendet.

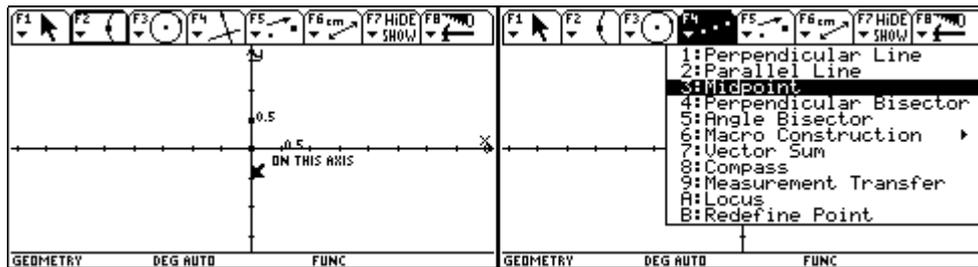


Zunächst wollen wir den Brennpunkt $F=(0/0,25)$ und die Leitgerade $y=-0,25$ der Normalparabel $y=x^2$ festlegen. Wir wählen [F2] 2:Point on Object und führen den Zeichenstift zum Punkt $(0/0,5)$. Der Text ON THIS AXIS erscheint. Wir bestätigen mit [ENTER].

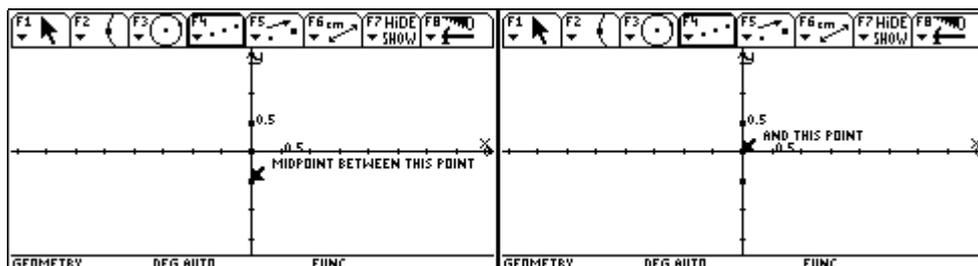


Dann führen wir den Zeichenstift zum Punkt $(0/-0,5)$. Der Text ON THIS AXIS wird eingeblendet. Wir bestätigen mit [ENTER] und wählen anschließend im Menü [F4] die Option 3: Midpoint.

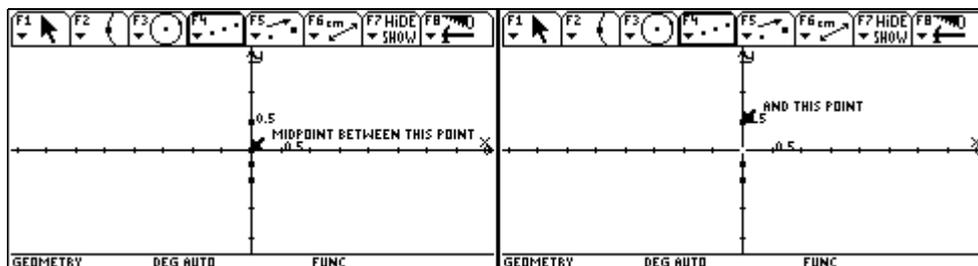
Damit können wir die Punkte mit den Koordinaten $(0/0,25)$ und $(0/-0,25)$ als Mittelpunkte von Strecken konstruieren.



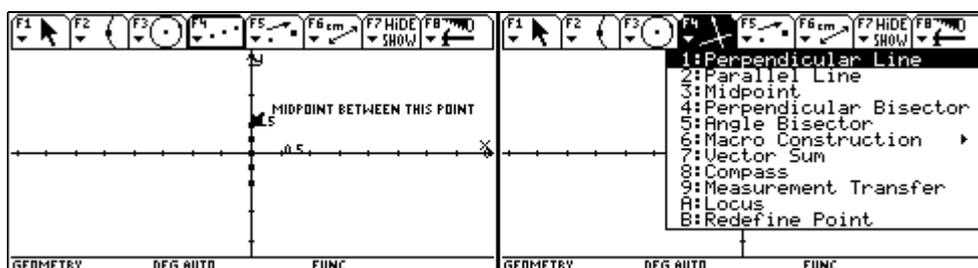
Wir fahren mit dem Pfeil zum Punkt $(0/-0,5)$, bis der Text MIDPOINT BETWEEN THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Dann führen wir den Pfeil zum Koordinatenursprung, bis der Text AND THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



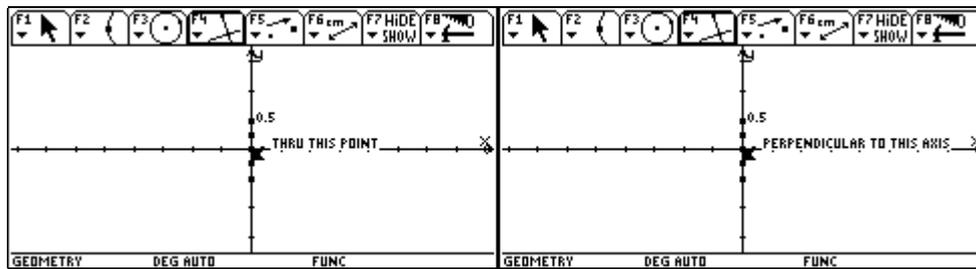
Wenn man den Pfeil nach dem letzten **[ENTER]** nicht bewegt hat, wird das "Mittelpunktswerkzeug" mit MIDPOINT BETWEEN THIS POINT sofort wieder aufgerufen. Wir bestätigen mit **[ENTER]** und führen den Pfeil zum Punkt $(0/0,5)$, bis der Text AND THIS POINT erscheint, den wir mit **[ENTER]** bestätigen.



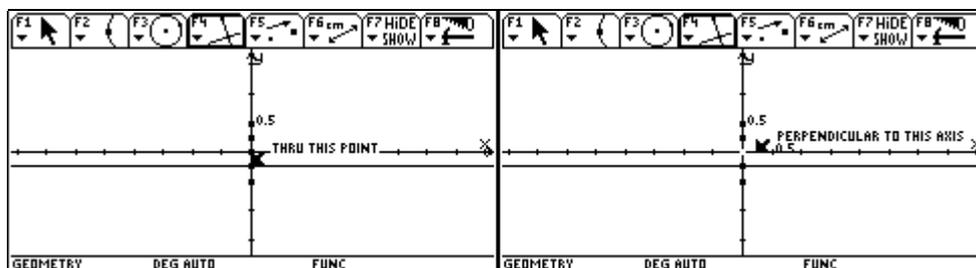
Damit haben wir den Brennpunkt der Parabel festgelegt. Für die Konstruktion der Leitlinie wählen wir **[F4]** 1: Perpendicular Line.



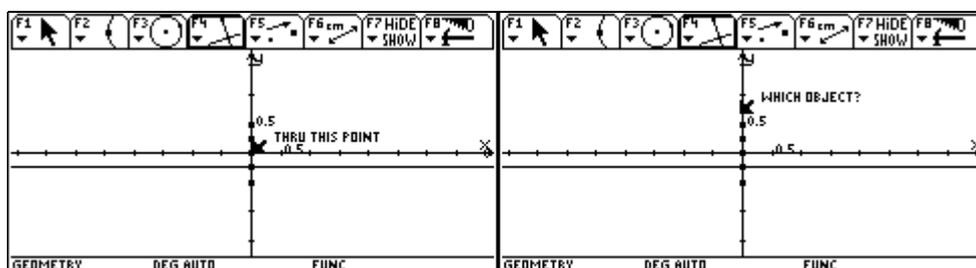
Wir führen den Pfeil zum Punkt $(0/-0,25)$, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Der Text PERPENDICULAR TO THIS AXES macht uns darauf aufmerksam, dass wir eine Normale zur y -Achse erzeugen werden, was wir mit **[ENTER]** bejahen.



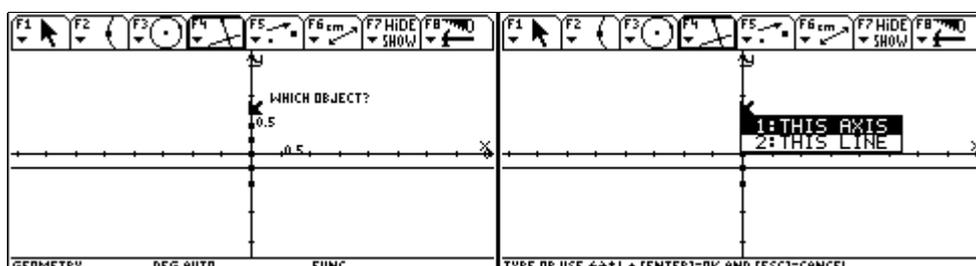
Die Leitlinie erscheint. Nun werden wir je eine Gerade konstruieren, die auf der x - bzw. auf der y -Achse liegt. Dazu bestätigen wir gleich den Text THRU THIS POINT und führen den Pfeil zur x -Achse, bis der Text PERPENDICULAR TO THIS AXES erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Damit ist eine Gerade festgelegt, die auf der y -Achse liegt.



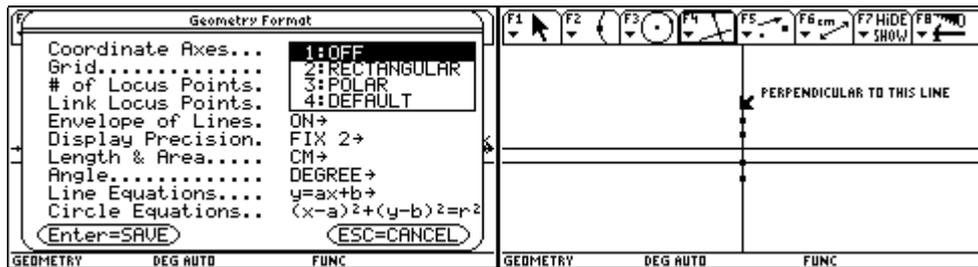
Zur Konstruktion der Geraden auf der x -Achse führen wir den Pfeil zum Koordinatenursprung, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Dann führen wir den Pfeil zur y -Achse und es erscheint ein bisher unbekannter Text: WHICH OBJECT.



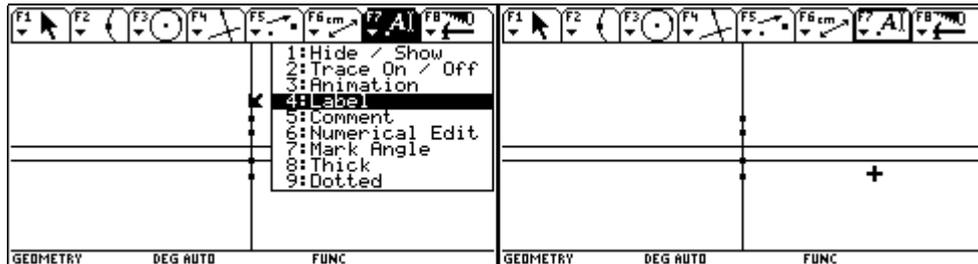
Nach **[ENTER]** werden uns die beiden Möglichkeiten - Achse und auf ihr liegende Gerade - angeboten. Wir treffen mit THIS AXIS unsere Wahl und bestätigen diese mit **[ENTER]**.



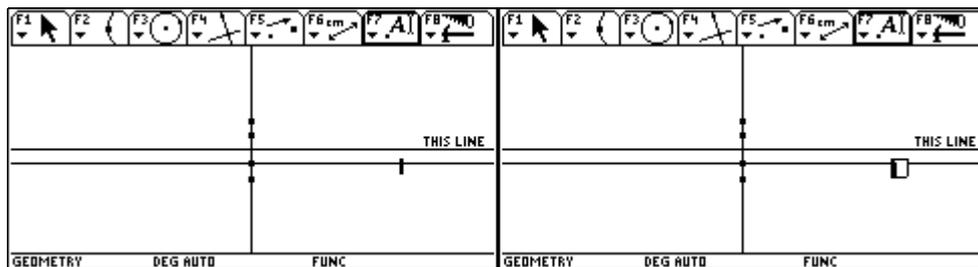
Über **[F5]** rufen wir die Formateinstellungen auf und stellen Coordinate Axes auf OFF. Damit wird das Koordinatensystem wieder ausgeblendet.



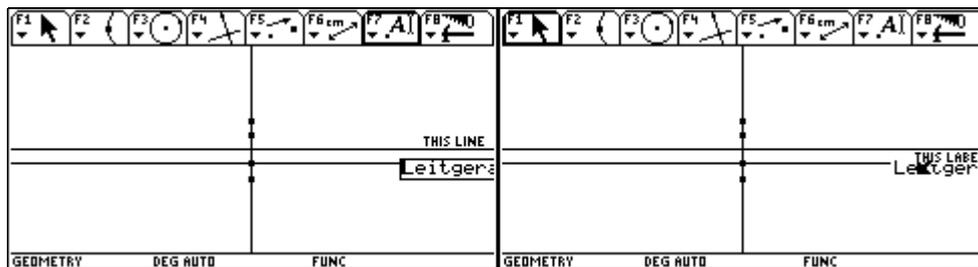
Im nächsten Schritt werden wir die x -Achse und die Leitgerade beschriften. Dazu wählen wir **[F7] 4: Label** und führen das Kreuz zur Leitgeraden.



Sobald sich das Kreuz in einen senkrechten Strich verwandelt hat und der Text THIS LINE erscheint, bestätigen wir mit **[ENTER]** und der senkrechte Strich verwandelt sich in ein Rechteck mit Schreibcursor. Wir tippen die Bezeichnung Leitgerade ein. Sie erscheint in der mitwachsenden Textbox.

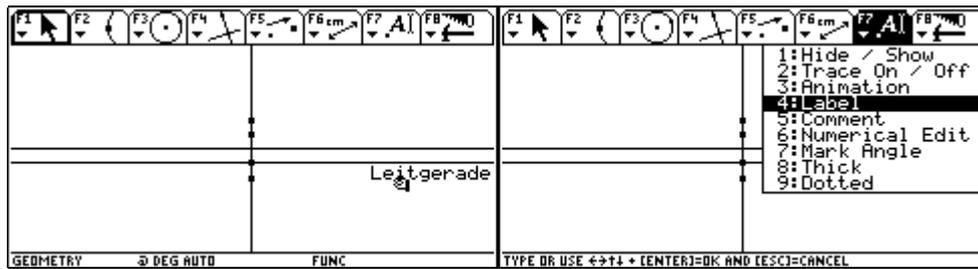


Die Bezeichnung kann man leicht an eine günstigere Position verschieben. Dazu stellen wir mit **[ESC] [F1]** um auf 1:Pointer und führen den Pfeil zur Bezeichnung, bis der eingblendete Text THIS LABEL erkennen lässt, dass der Pointer ein Ziel gefunden hat.

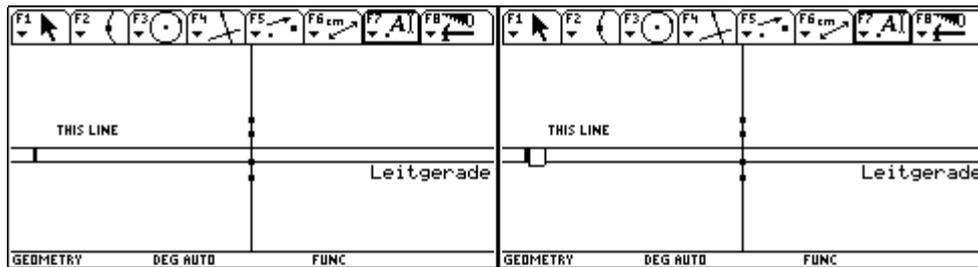


Mit der gedrückten Handtaste **[⇩]** in Verbindung mit dem Cursorpad **[⇄]** kann die Bezeichnung verschoben werden. Sobald eine passende Stelle erreicht ist, lässt man die Handtaste **[⇩]** wieder los.

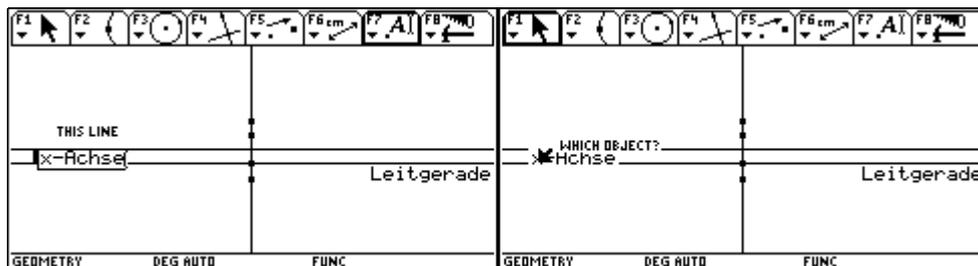
Nun wenden wir uns der x -Achse zu. Sollte der Befehl **[F7] 4: Label** nicht mehr aktiv sein, wählen wir ihn noch einmal.



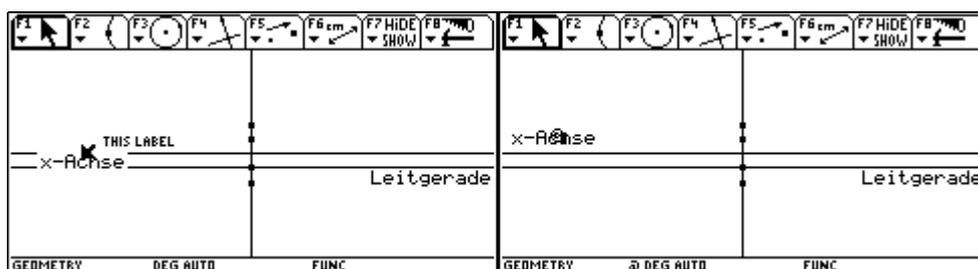
Wir führen den Pfeil zur x -Achse, bis er sich in einen senkrechten Strich verwandelt, und der Text THIS LINE erscheint. Dann bestätigen wir mit **[ENTER]** und der senkrechte Strich verwandelt sich wieder in eine Textbox mit Schreibmarke.



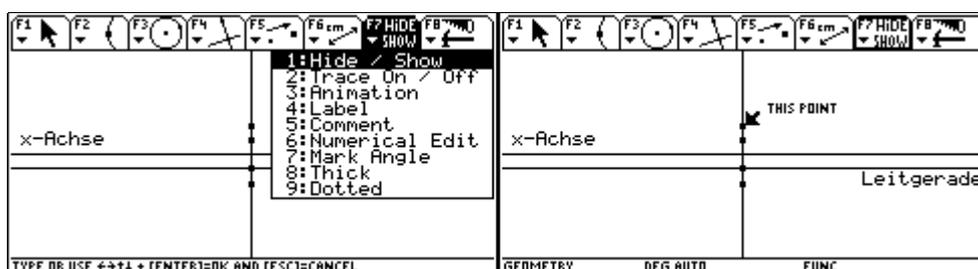
Wir tippen als Bezeichnung x -Achse ein. Sie erscheint in der Textbox. Dann stellen wir über **[ESC]** auf **[F1]** 1:Pointer um und führen den Pfeil zur Bezeichnung, bis der Text WHICH OBJECT - dann **[ENTER]** drücken und THIS LABEL wählen - oder gleich THIS LABEL erscheint.



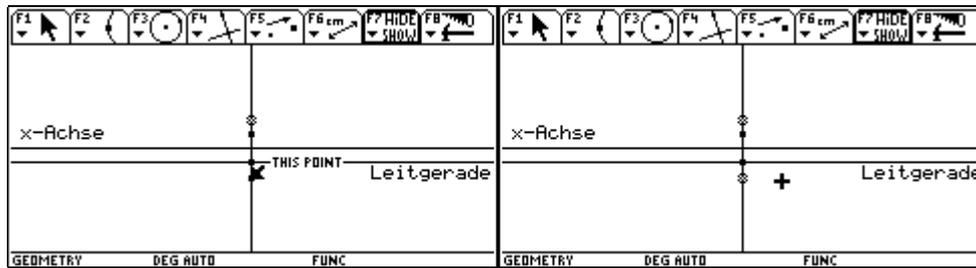
[↻] und **[⊕]** verziehen die Bezeichnung an eine geeignete Stelle. An einem geeigneten Ort lassen wir die Bezeichnung los.



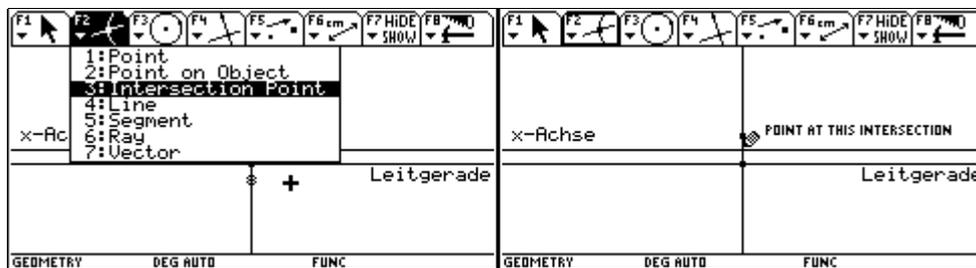
Dann wählen wir **[F7]** 1 Hide/Show, um die nicht mehr benötigten Konstruktionspunkte aus Gründen der Übersichtlichkeit auszublenden. Wir führen den Pfeil zum Punkt $(0/0,5)$, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



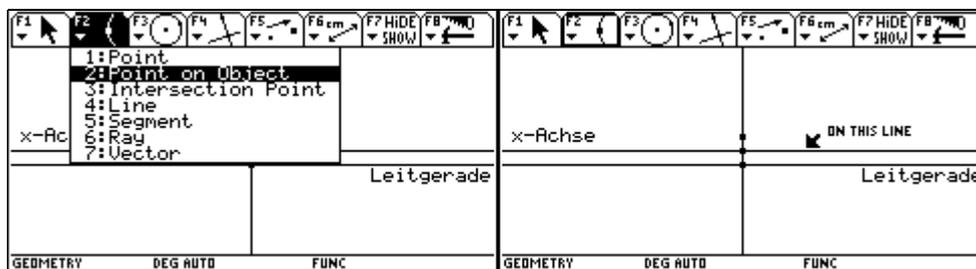
Der ausgewählte Punkt wird als kleiner Kreis dargestellt. Dann führen wir den Pfeil zum Punkt $(0/-0,5)$, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Auch dieser Punkt wird als Kreis dargestellt.



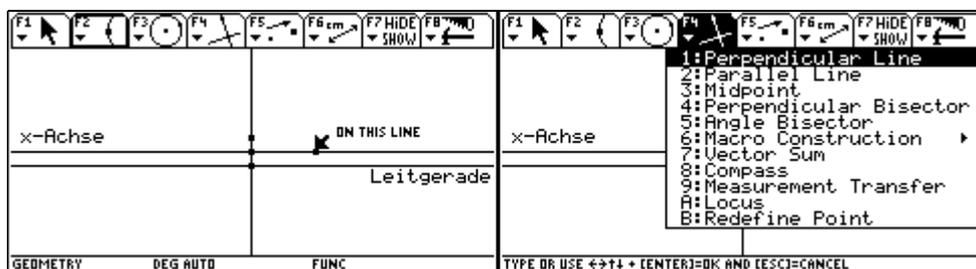
Der Graph der quadratischen Funktion wird in ein Koordinatensystem eingebettet, dessen Ursprung festzulegen ist. Wir wählen **[F2]** 3:Intersection Point und führen den Zeichenstift zum Koordinatenursprung, bis der Text POINT AT THIS INTERSECTION erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Die zuletzt ausgewählten Punkte sind am Zeichenschirm nun ausgeblendet.



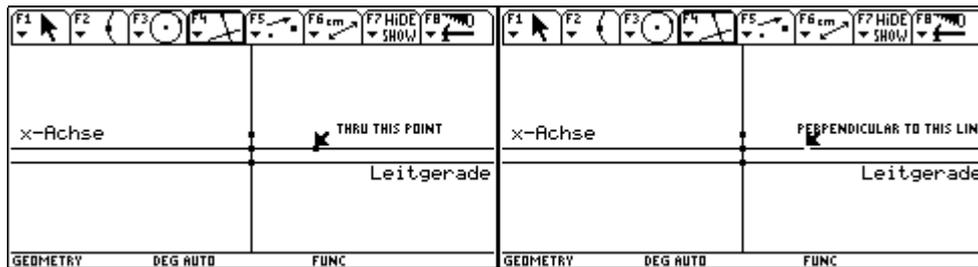
Jetzt wird die Parabel als Funktion gezeichnet. Wir wählen **[F2]** 2:Point on Object und führen den Pfeil zur x-Achse, bis der Text ON THIS LINE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Damit wird ein beliebiger x-Wert festgelegt.



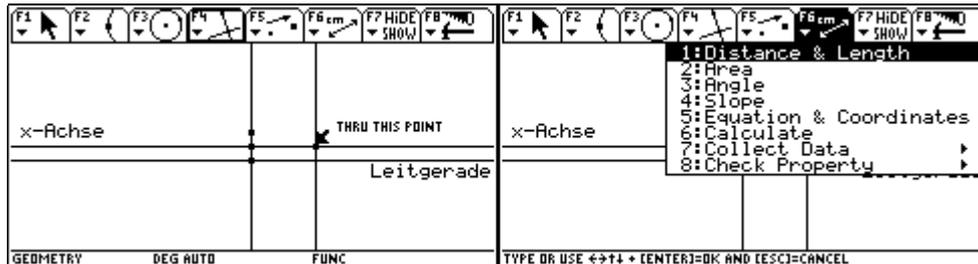
Dann wählen wir **[F4]** 1:Perpendicular Line. Damit wollen wir an dieser Stelle eine Normale errichten, um den entsprechenden y-Wert auftragen zu können.



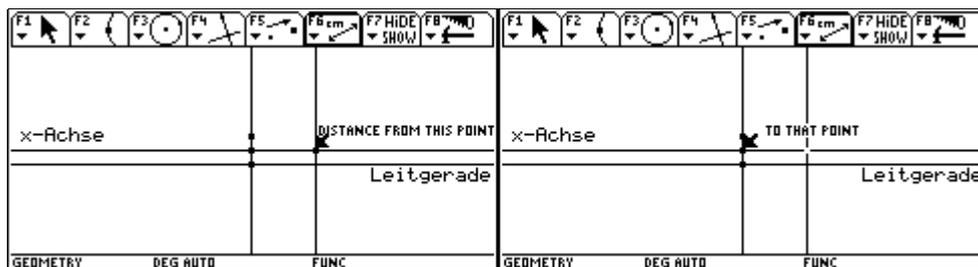
Wir bestätigen den Text THRU THIS POINT (oder führen den Pfeil zum zuletzt festgelegten Punkt, bis dieser Text erscheint) mit **[ENTER]** und bestätigen auch den Text PERPENDICULAR TO THIS LINE mit **[ENTER]**.



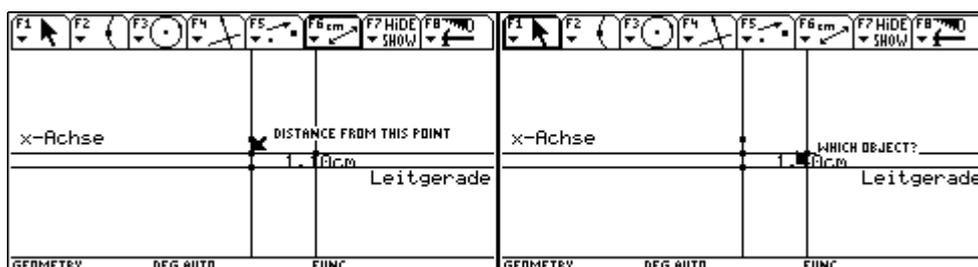
Die Normale zur x -Achse wird gezeichnet. Dann wollen wir den x -Wert des beliebig auf der x -Achse festgelegten Punktes bestimmen. Dazu wählen wir **[F6]** 1:Distance & Length.



Wir führen den Pfeil zu dem beliebig festgelegten Punkt auf der x -Achse, bis der Text DISTANCE FROM THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Dann führen wir den Pfeil zum Koordinatenursprung, bis der Text TO THAT POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



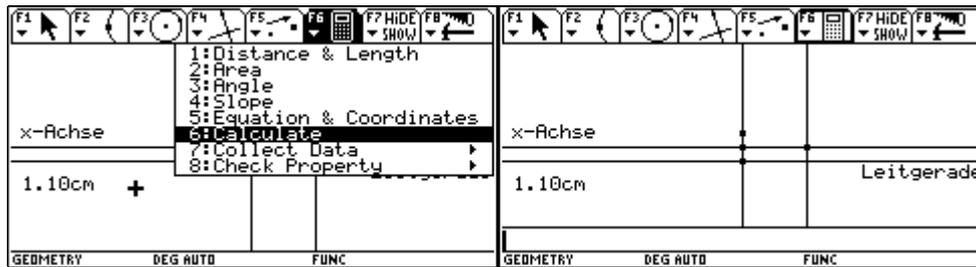
Die Länge der Strecke, das ist die x -Koordinate des Punktes wird eingeblendet. Wir wollen sie an eine günstigere Stelle verschieben. Mit **[ESC]** stellen wir auf **[F1]** 1:Pointer und führen den Pfeil zur Längenangabe, bis der Text WHICH OBJECT? erscheint. Wir drücken **[ENTER]**.



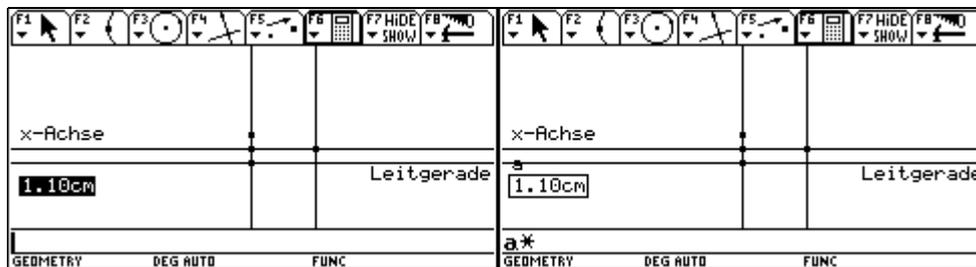
Dann wählen wir THIS NUMBER und bestätigen mit **[ENTER]**. Wir verschieben mit **[↶]** und **[↷]** die Zahlenangabe. An der passenden Stelle lassen wir die Handtaste **[↵]** los.



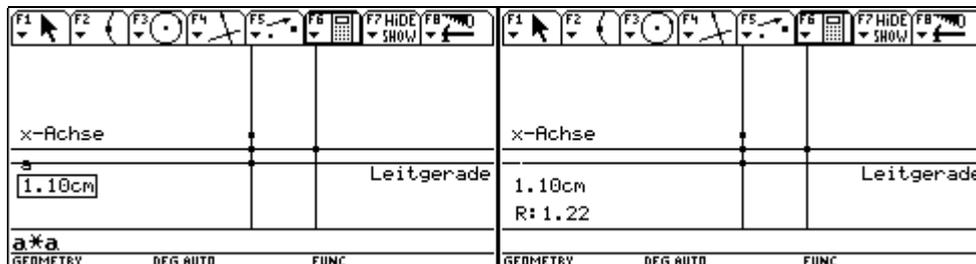
Nun soll der Funktionswert zu diesem x -Wert berechnet werden. Wir wählen [F6] 6:Calculate. Am unteren Rand des Bildschirms öffnet sich eine Eingabezeile für Berechnungen.



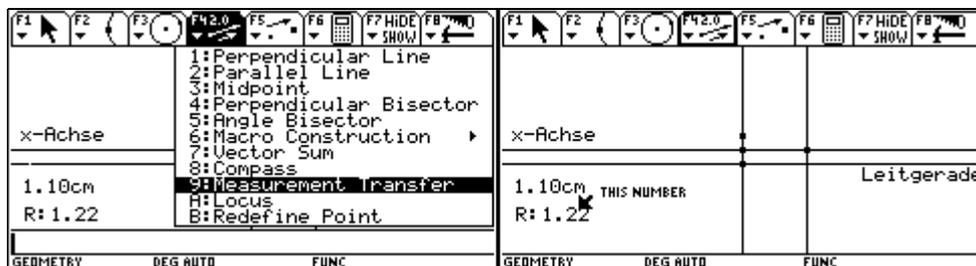
Hier kann man Zahlenwerte direkt eingeben, aber auch Zahlenwerte aus der Konstruktion verwenden. Wir wählen die zweite Möglichkeit. Dazu drücken wir \odot und die Streckenlänge (x -Koordinate) wird ausgewählt. Mit [ENTER] wandert dieser Wert als Variable a in die Eingabezeile. Wir drücken die Multiplikationstaste \times und nochmals [A], um den Funktionswert x^2 zu berechnen.



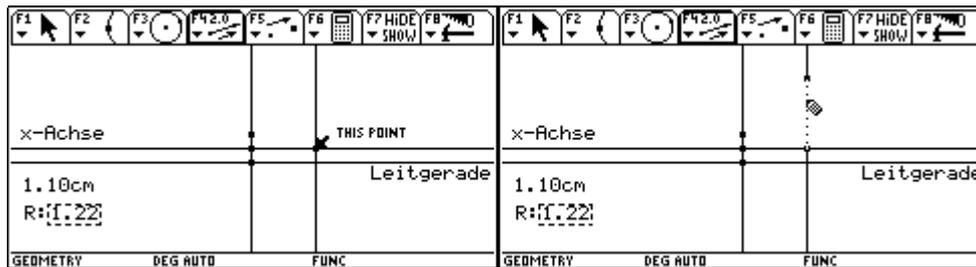
Nach [ENTER] zeigt sich das Ergebnis der Berechnung im Zeichenbildschirm.



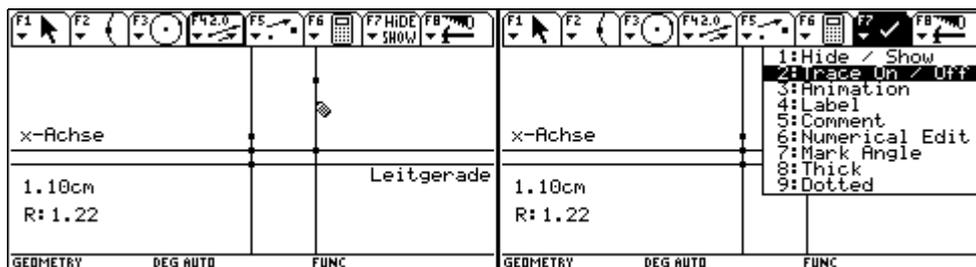
Nun wollen wir den berechneten Funktionswert abtragen. Wir wählen [F4] 9:Measurement Transfer und führen den Pfeil erst zum berechneten Funktionswert, bis der Text THIS NUMBER erscheint, und bestätigen mit [ENTER].



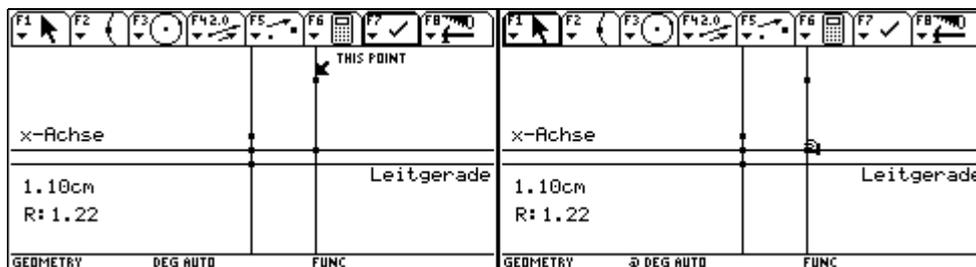
Dann führen wir den Pfeil zum beliebig auf der x -Achse gewählten Punkt, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit [ENTER]. Die abzutragende Strecke wird strichliert sichtbar. Wir führen den Zeichenstift auf den Teil der Normalen, der im 1. Quadranten liegt und bestätigen mit [ENTER].



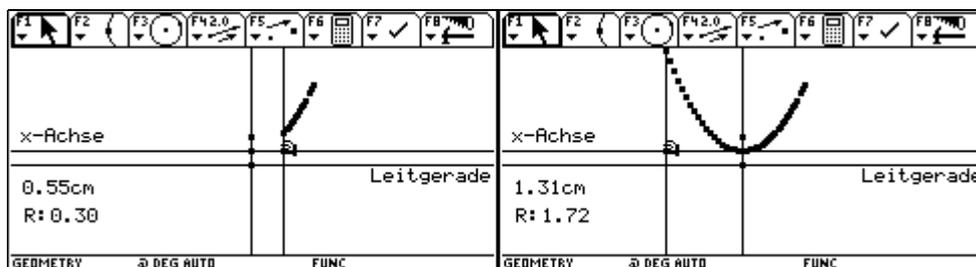
Der Funktionswert wird abgetragen und wir erhalten einen Punkt der Parabel. Jetzt wollen wir noch weitere Punkte der Parabel konstruieren. Dazu werden wir den Punkt auf der x -Achse verschieben und die Spur des dazugehörigen Parabelpunktes zeichnen lassen. Dazu wählen wir **[F7]** 2:Trace On/Off.



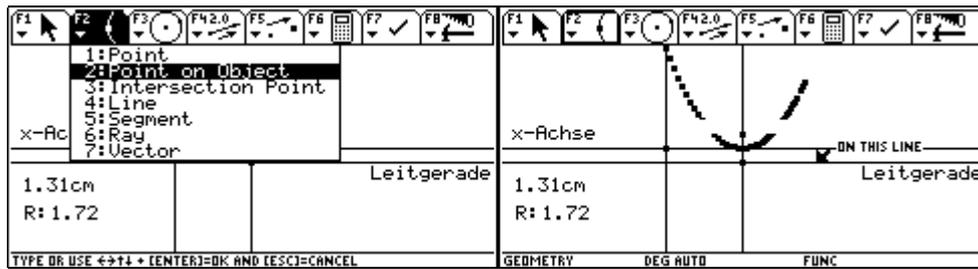
Wir führen den Pfeil zum Parabelpunkt, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Dann aktivieren wir mit **[ESC]** den Menüpunkt **[F1]** 1:Pointer und führen den Pfeil zum Punkt auf der x -Achse, bis der Text THIS POINT erscheint. Wir drücken die Handtaste **[☑]** und lassen sie gedrückt. Der Pfeil verwandelt sich in eine Faust.



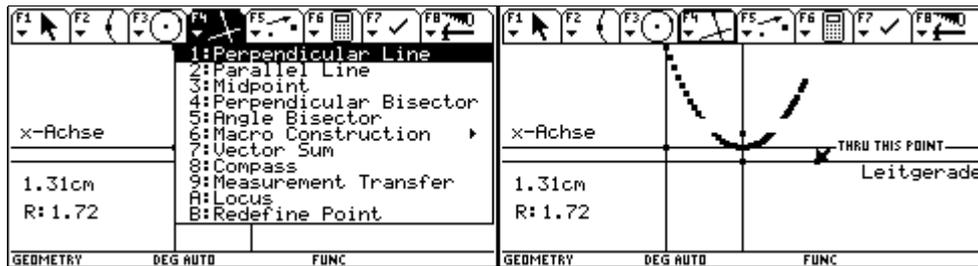
Durch zusätzliches Drücken von **[◀]** oder **[▶]** kann der Punkt entlang der x -Achse verschoben werden und weitere Parabelpunkte entstehen.



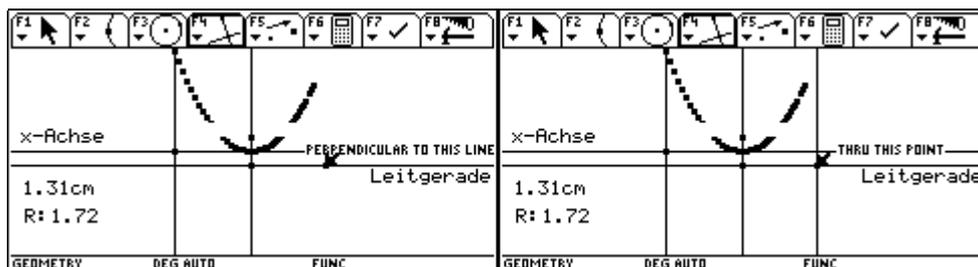
Jetzt wollen wir die Parabel aus ihrer Brennpunktdefinition konstruieren. Dazu wählen wir **[F2]** 2:Point on Object und führen den Pfeil zur Leitgeraden, bis der Text ON THIS LINE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**.



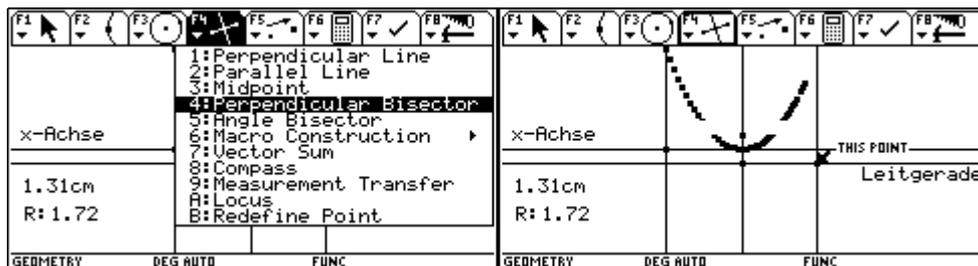
Dann wählen wir [F4] 1:Perpendicular Line und führen den Pfeil zum eben gezeichneten Punkt, bis der Text THRU THIS POINT erscheint, und bestätigen mit [ENTER].



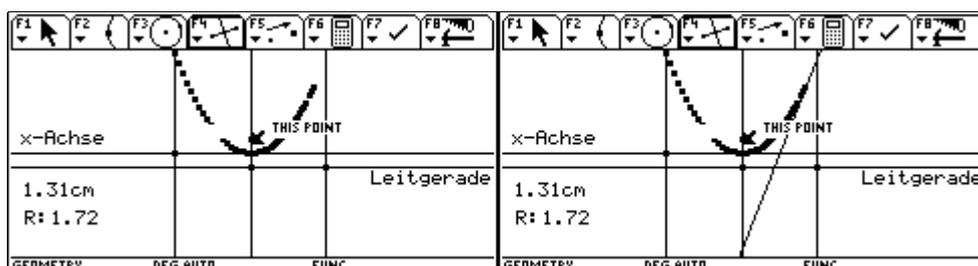
Den nachfolgenden Text PERPENDICULAR TO THIS LINE bestätigen wir ebenfalls mit [ENTER], und erhalten eine Normale zur Leitgeraden.



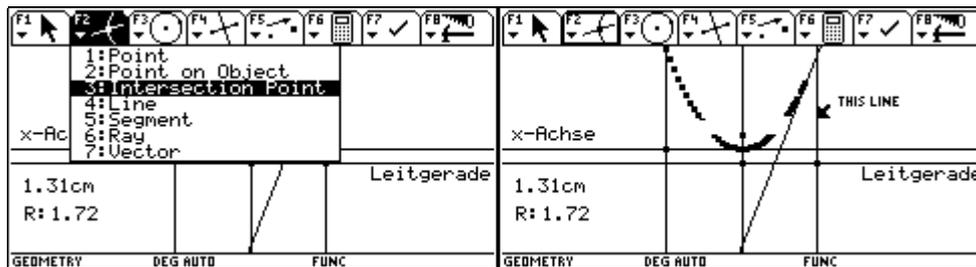
Dann wählen wir [F4] 4:Perpendicular Bisector und führen den Pfeil zum Punkt auf der Leitgeraden, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit [ENTER].



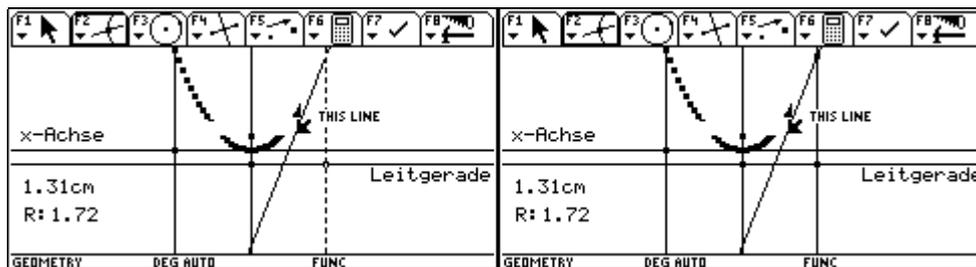
Dann führen wir den Pfeil zum Brennpunkt, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen mit [ENTER]. Der Schnittpunkt der eben gezeichneten Streckensymmetrale mit der vorhin gezeichneten Normalen ist ein Punkt der Parabel.



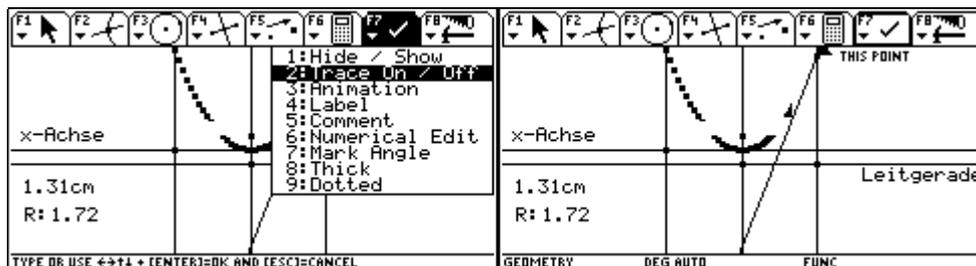
Daher wählen wir **[F2]** 3:Intersection Point und führen den Pfeil zur Normalen, bis der Text THIS LINE aufgezeigt wird, und bestätigen mit **[ENTER]**.



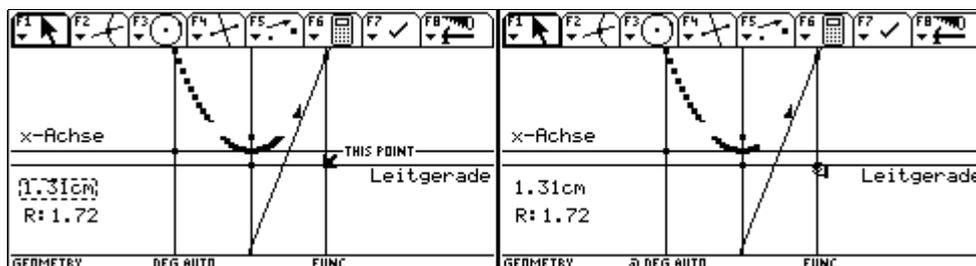
Die Normale wird strichliert dargestellt. Wir führen den Pfeil zur Streckensymmetralen, bis der Text THIS LINE erscheint, und bestätigen mit **[ENTER]**. Der Schnittpunkt wird markiert.



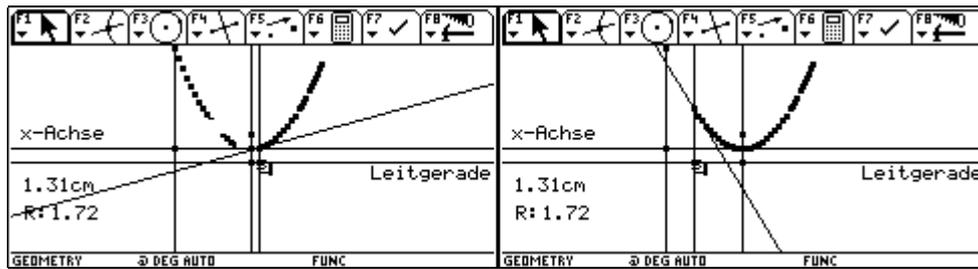
Nun wollen wir durch Verschieben des Punktes auf der Leitgeraden weitere Parabelpunkte erzeugen. Daher wählen wir **[F7]** 2:Trace On/Off und führen den Pfeil zum konstruierten Parabelpunkt, bis der Text THIS POINT erscheint, und bestätigen dann mit **[ENTER]**.



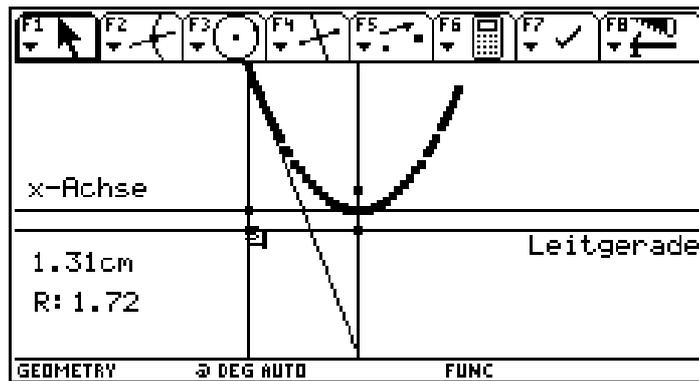
Mit **[ESC]** gelangen wir in den Menüpunkt **[F1]** 1:Pointer und führen den Pfeil zum Punkt auf der Leitgeraden. Wir drücken die Handtaste **[C]** und lassen sie gedrückt. Dabei verwandelt sich der Pfeil in eine den Punkt erfassende Faust.



Durch zusätzliches Drücken von **[C]** oder **[D]** kann der Punkt entlang der Leitgeraden verschoben werden, wodurch weitere Parabelpunkte entstehen.

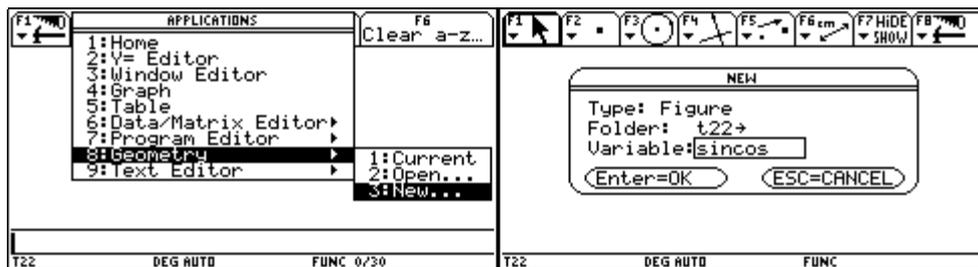


Man kann gut die Übereinstimmung mit der Konstruktion aus der Funktionsgleichung erkennen.

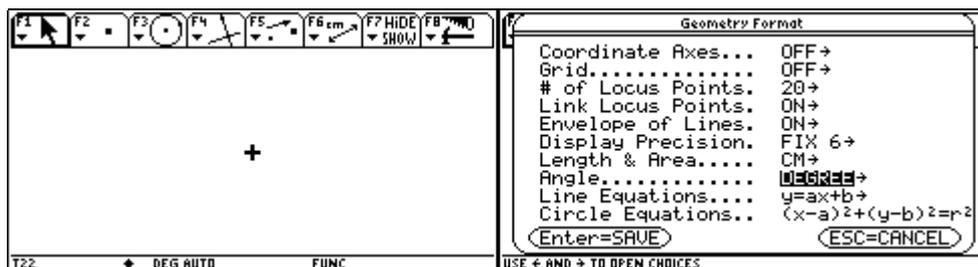


7 Die Graphen von Sinus- und Cosinusfunktion

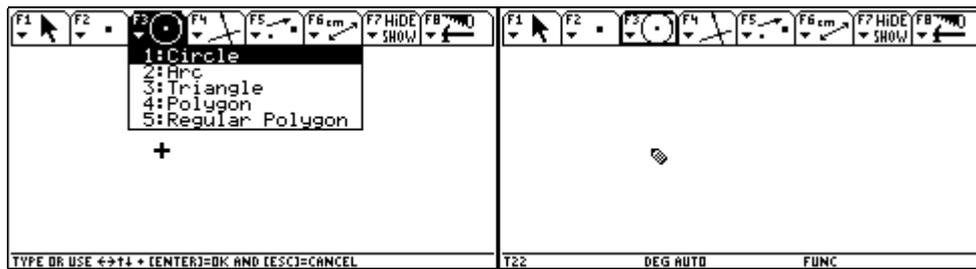
Wir starten eine neue Sitzung mit der Cabri-Geometrie und nennen unser neues Blatt sincos.



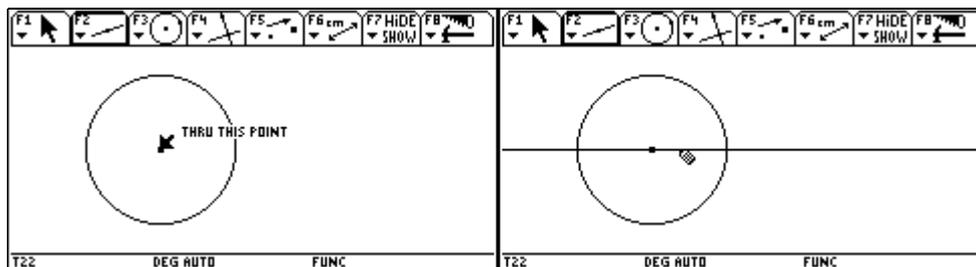
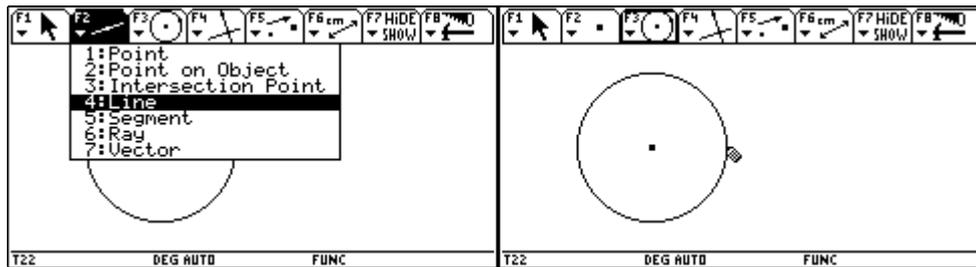
Mit \blacklozenge \boxed{F} rufen wir die Formateinstellungen auf und stellen Display Precision auf FIX 6 und Angle auf DEGREE.



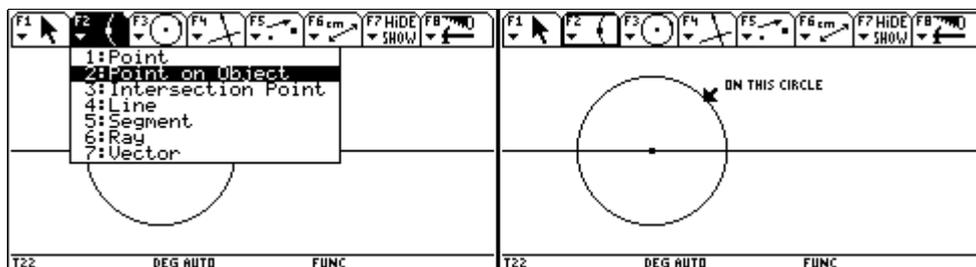
Als erstes legen wir einen Kreis an.



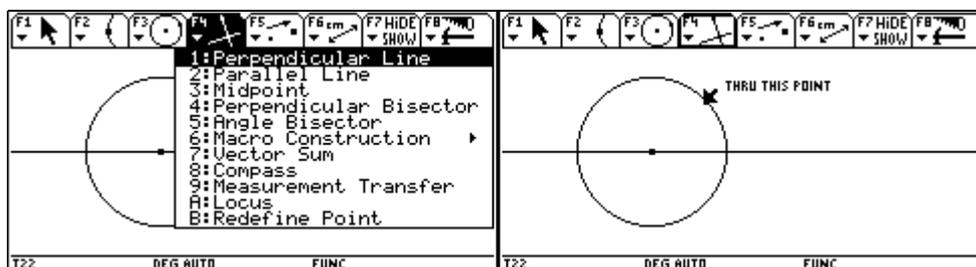
Danach wird eine horizontale Gerade durch den Kreismittelpunkt gezeichnet.

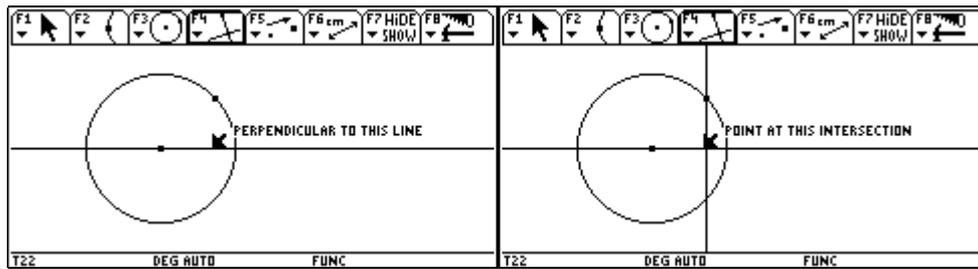


Nun setzen wir einen Punkt auf den Kreis.

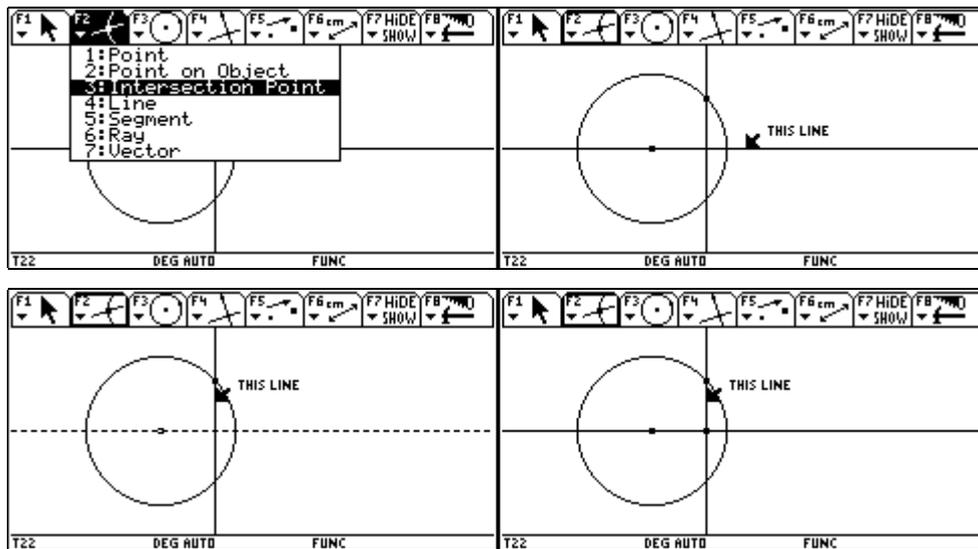


Der nächster Schritt ist die Errichtung der Normalen durch den Kreispunkt auf die horizontale Gerade.

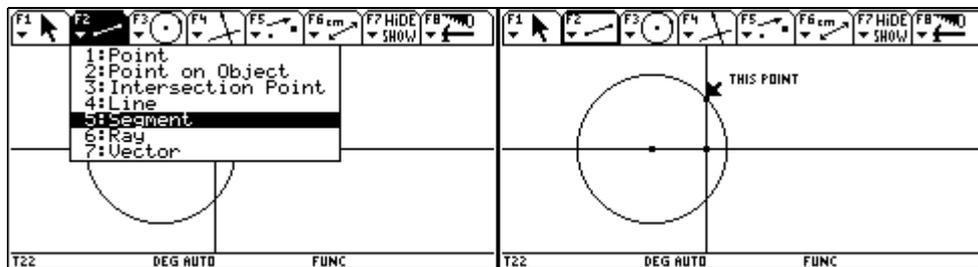




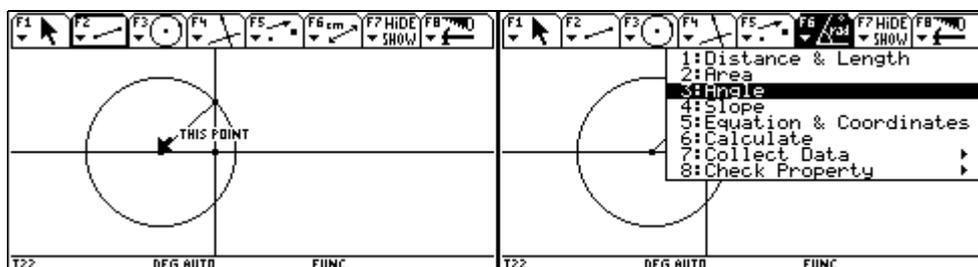
Es folgt die Bestimmung des Schnittpunktes der Normalen mit der Horizontalen.



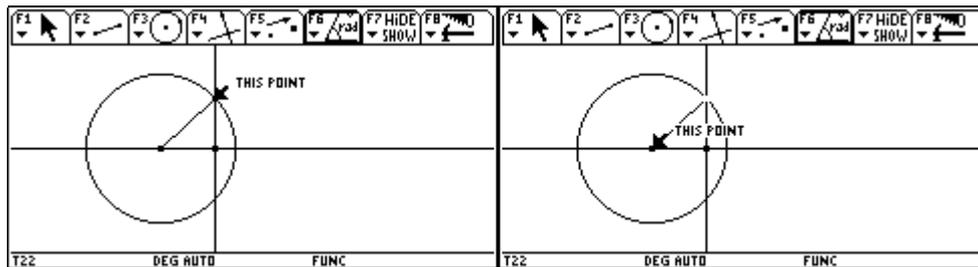
Danach wird die Strecke vom Kreiszentrum zum Kreismittelpunkt (= Radius) gezeichnet.



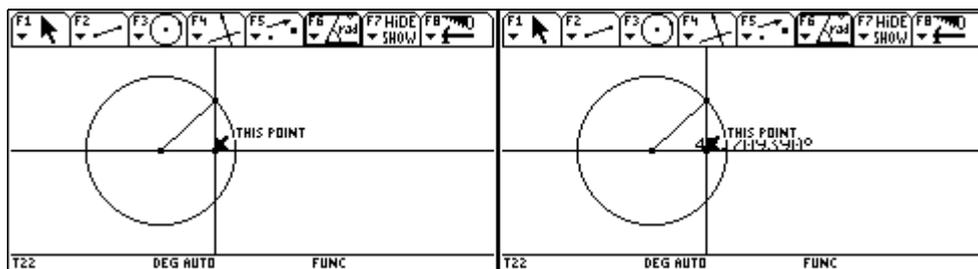
Ein rechtwinkeliges Dreieck ist entstanden und wir bestimmen mit [F6] 3:Angle die Größe jenes Winkels, der seinen Scheitel im Kreismittelpunkt besitzt.



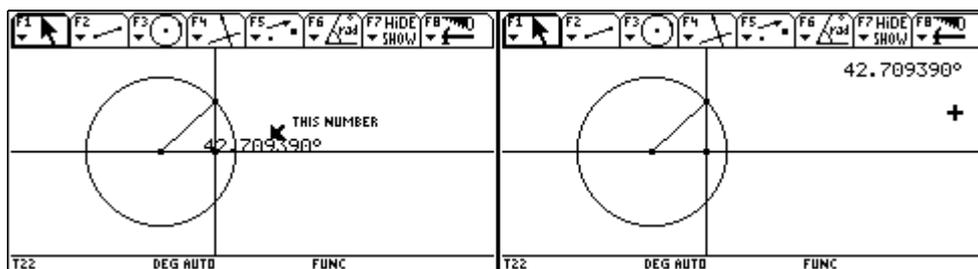
Dazu muß zunächst ein Punkte auf einem Schenkel, dann der Scheitel und dann ein Punkt auf dem anderen Schenkel markiert werden.



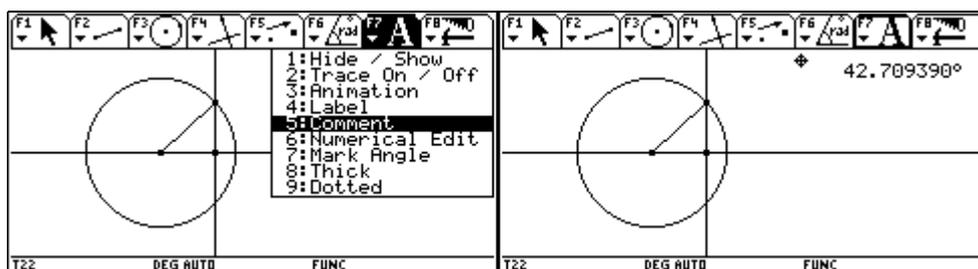
Daraufhin wird die Winkelgröße in Grad eingeblendet.



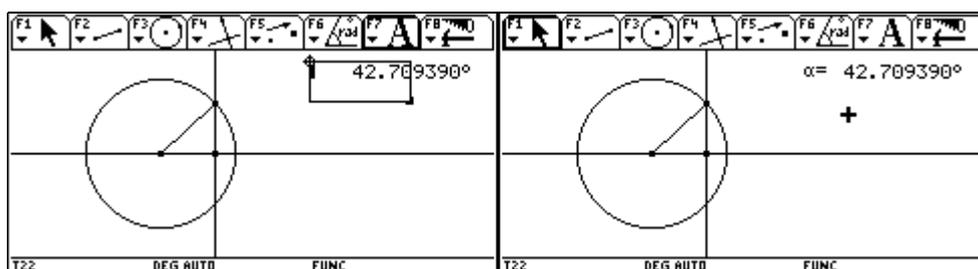
Mit **[ESC]** wird **[F1]** 1:Pointer aktiviert und dann mit **[C]** **[D]** die Zahlenangabe an die passende Stelle geschoben.



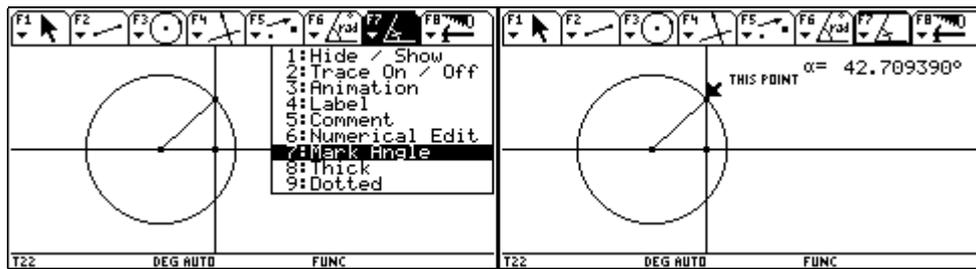
Anschließend wird über **[F7]** 5:Comment eine Bezeichnung geschrieben. Wir führen den Cursor ungefähr an die gewünschte Stelle.



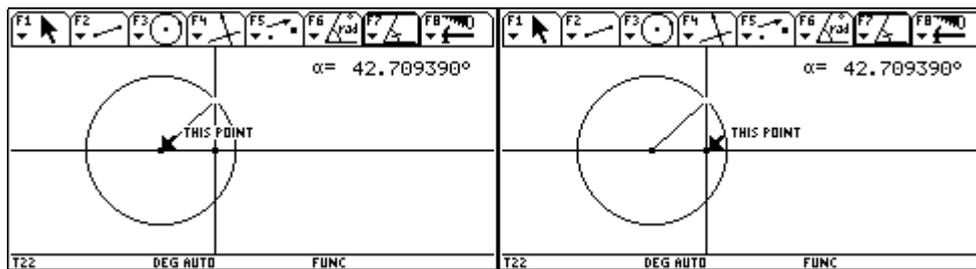
Mit **[ENTER]** erscheint ein Rechteck, in das der Text eingefügt werden kann. Mit **[ESC]** wird diese Tätigkeit abgeschlossen.



Der Winkel, dessen Größe eben bestimmt wurde, soll markiert werden.

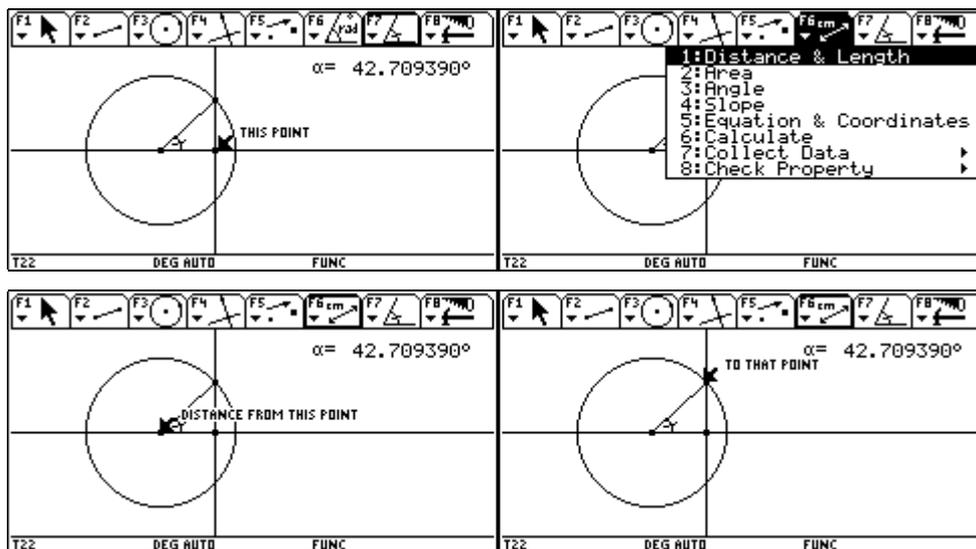


Nach [F7] 7:Mark Angle muss zunächst ein Punkt auf einem Schenkel, dann der Scheitel und dann ein Punkt auf dem anderen Schenkel markiert werden.

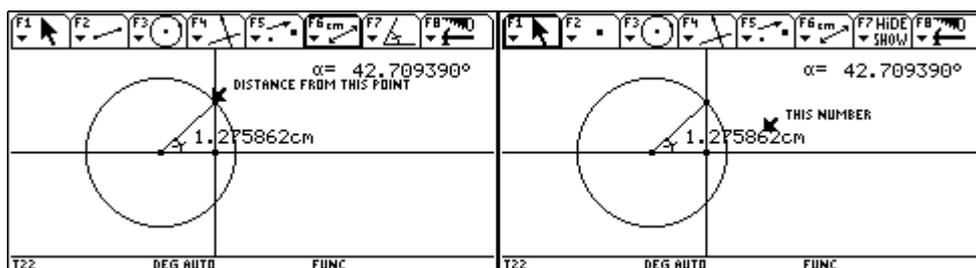


Ein Winkelbogen wird eingezeichnet.

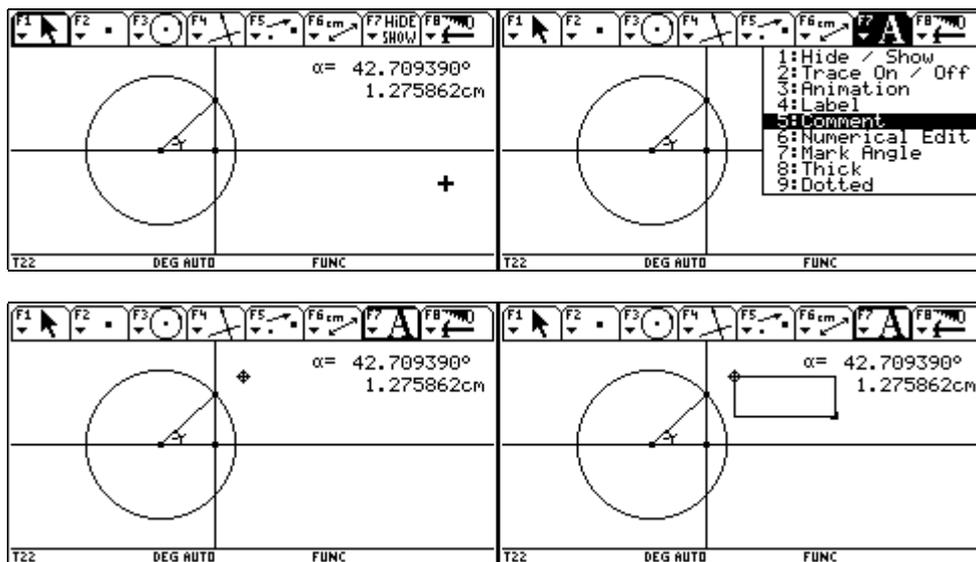
Nun soll die Länge der Hypotenuse des rechtwinkligen Dreiecks bestimmt werden.



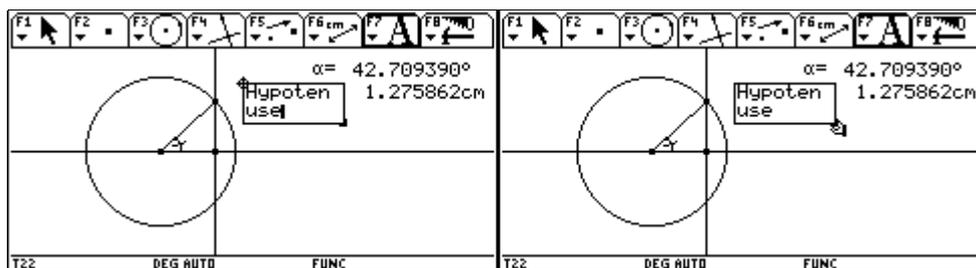
Auch diese Zahlenangabe wird nach Aktivierung von [F1] mit [↩] [⊕] an die gewünschte Position gezogen.



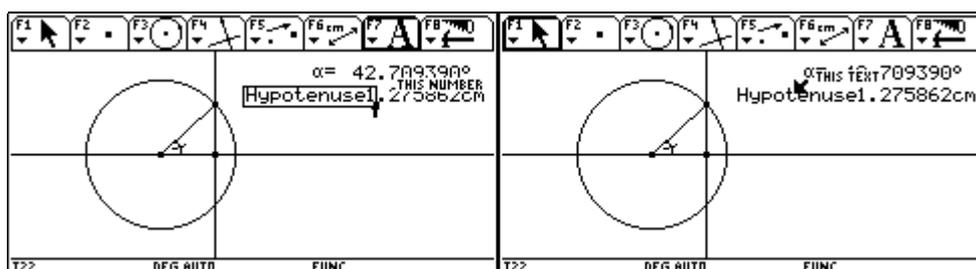
Über Comment erstellen wir eine geeigneten Bezeichnung.



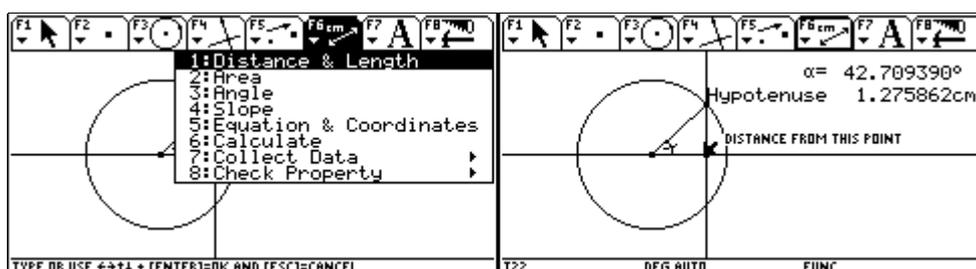
Wird der Text umgebrochen, so kann man den Cursor an die rechte untere Ecke des Textfelds bringen und dieses mit so vergrößern, dass der Text nicht umgebrochen wird.

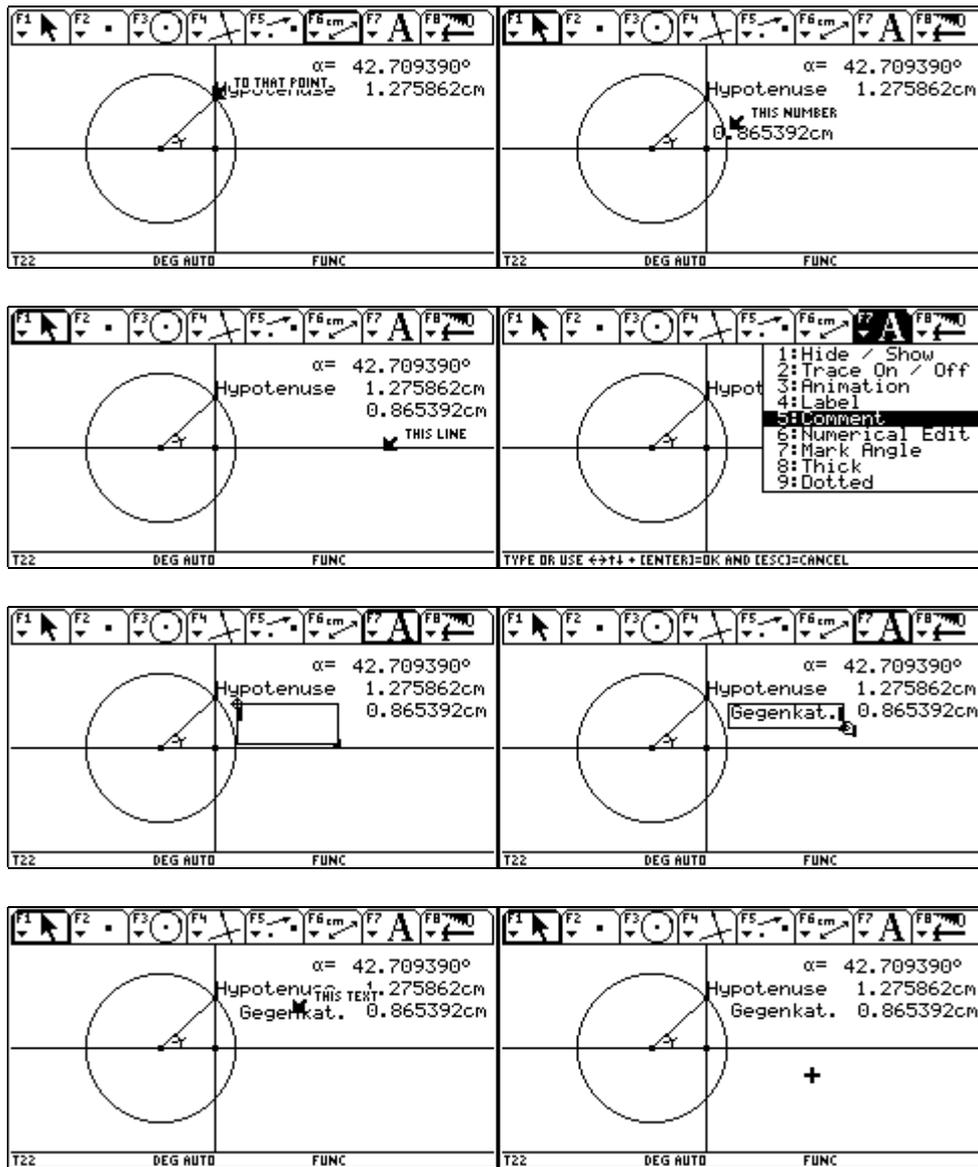


Nach Aktivierung von **[F1]** kann der Text mit noch an den exakten Platz gezogen werden.

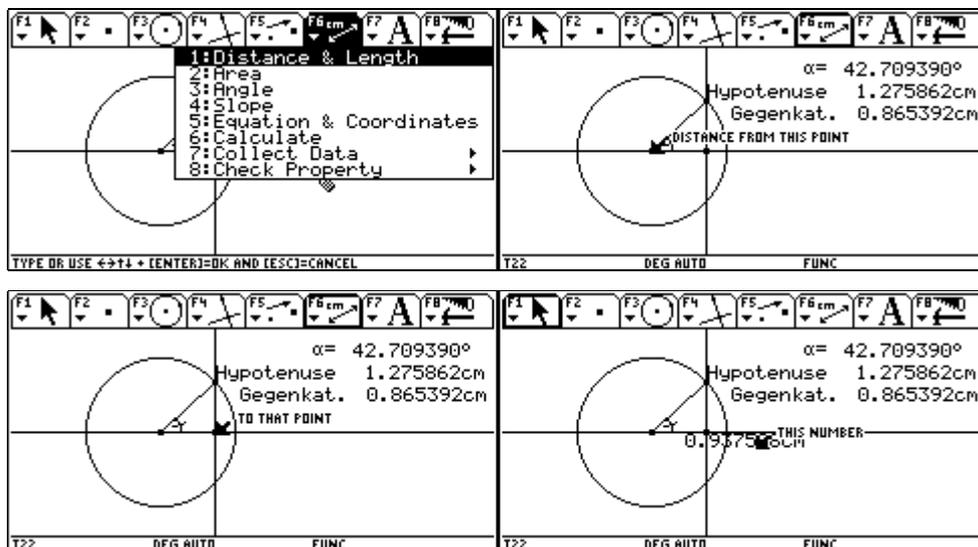


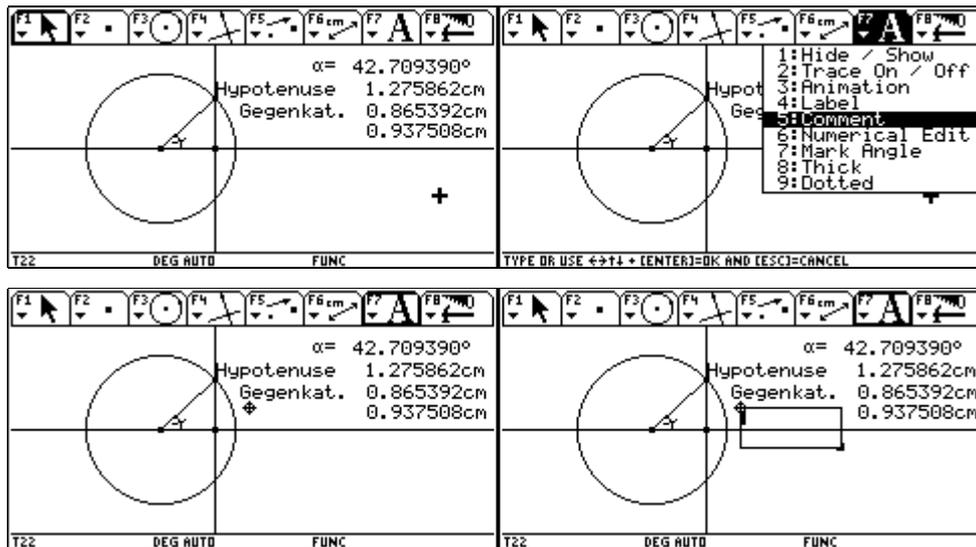
Es folgt die Bestimmung der Länge der Gegenkathete und ihre Bezeichnung.



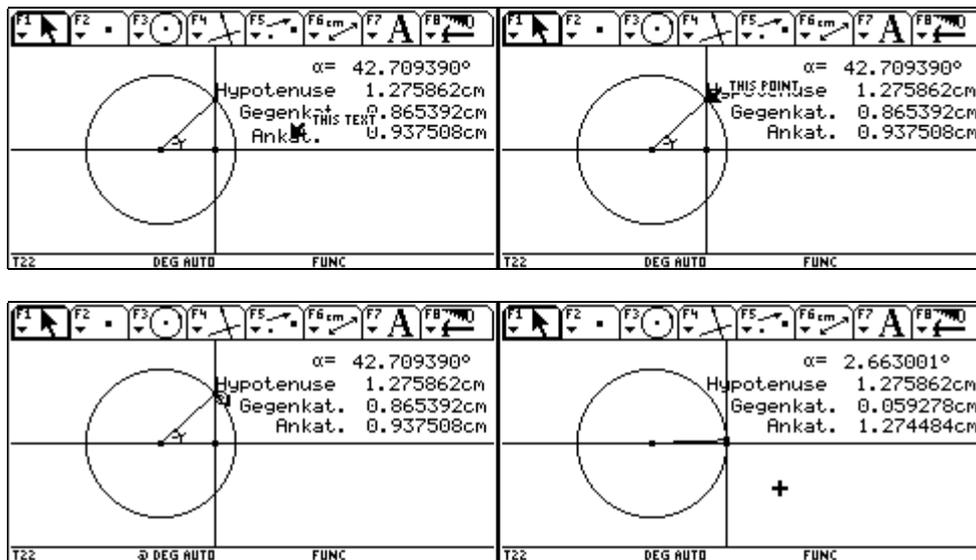


Es fehlt noch die Bestimmung der Länge der Ankathete und ihre Bezeichnung.

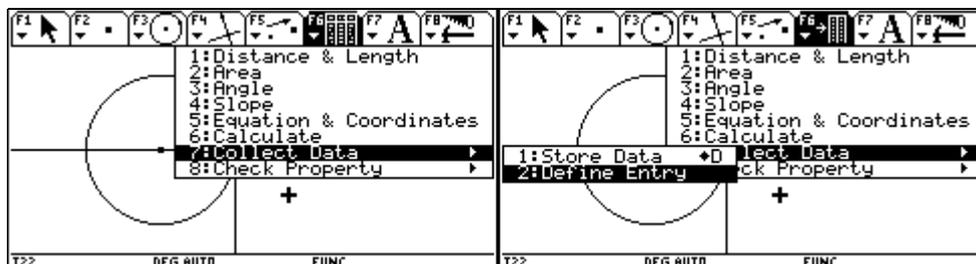




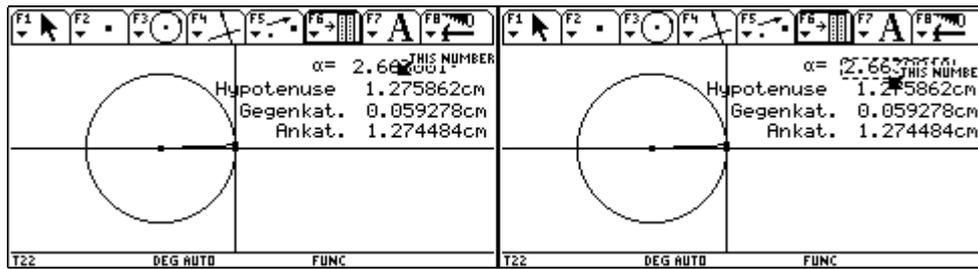
Nach Aktivierung von **[F1]** wählen wir den Kreispunkt an und verschieben ihn mit **[↻]** **[⊕]** am Kreis, bis ein möglichst kleiner Winkel entsteht. Die Größenangabe des Winkels und die Längenangaben der Seiten werden in gewohnter Weise aktualisiert.



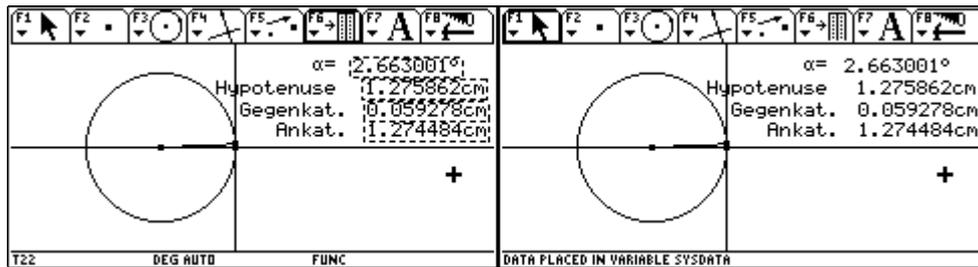
Nun werden die ermittelten Längen in den Data/Matrix Editor übertragen. Dazu wählen wir in **[F6]** 7:Collect Data den Unterpunkt 2:Define Entry.



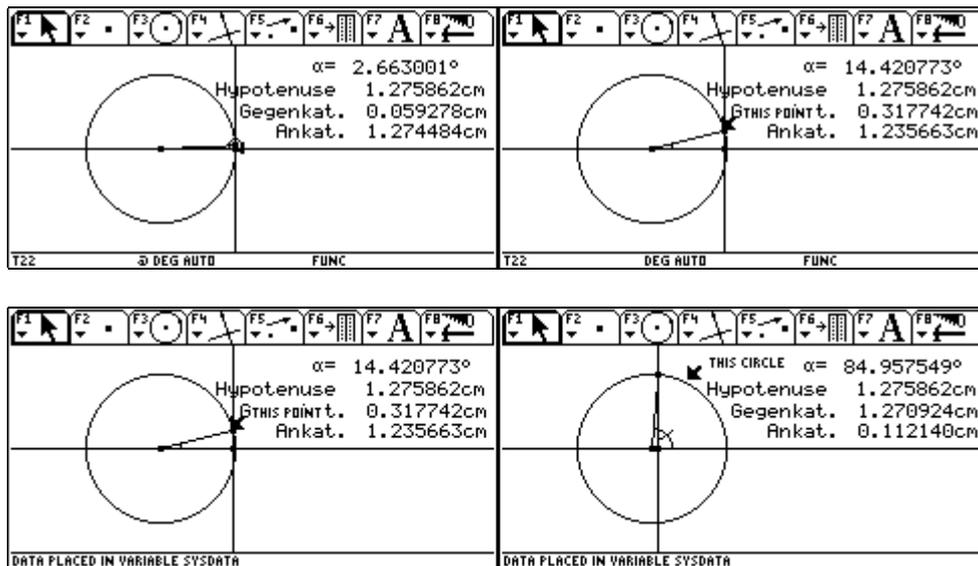
Wir wählen der Reihe nach die Werte für Winkel, Hypotenuse, Gegenkathete und Ankathete aus.



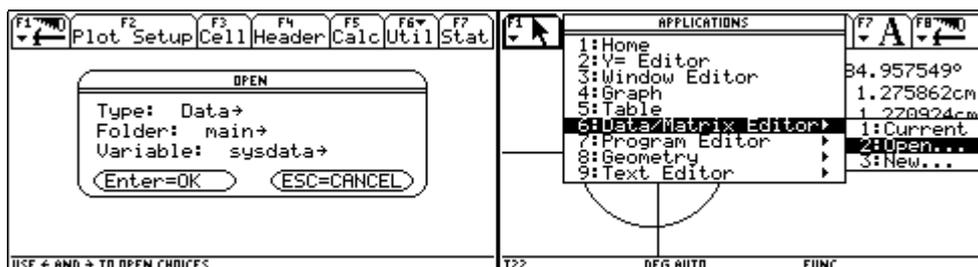
Mit \blacklozenge (D) werden die Zahlen in den Data/Matrix Editor übernommen und in der Variablen sysData abgespeichert.



Durch Verschieben des Kreispunktes vergrößern wir den Winkel nun schrittweise und speichern die entstehenden Zahlenwerte jedesmal über \blacklozenge (D) ab.



Nachdem wir möglichst nahe an 90 Grad herangekommen sind, gelangen wir über [APPS] 6 in den Data/Matrix Editor und öffnen das Datenblatt sysData.



In der 1. Spalte befinden sich die Winkelwerte, in der 2. die Hypotenusenlängen, in der 3. die Längen der Gegenkatheten und in der 4. die Längen der Ankatheten. Wir bewegen den Cursor

auf die Titelzeile N1 der 1. Spalte, kopieren sie mit **[ENTER]** in die Eingabezeile und verändern den Titel auf Winkel.

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot	Setup	Cell	Header	Calc	Util	Stat
DATA	N1	N2	N3	N4		
	c1	c2	c3	c4	c5	
1	2.663	1.2759	.05928	1.2745		
2	14.421	1.2759	.31774	1.2357		
3	21.801	1.2759	.47384	1.1846		
4	34.439	1.2759	.72154	1.0522		
5	45.	1.2759	.90217	.90217		
6	58.782	1.2759	1.0911	.66128		
7	74.745	1.2759	1.2309	.3357		
c4=						
T22	DEG AUTO		FUNC			

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot	Setup	Cell	Header	Calc	Util	Stat
DATA	N1	N2	N3	N4		
	c1	c2	c3	c4	c5	
1	2.663	1.2759	.05928	1.2745		
2	14.421	1.2759	.31774	1.2357		
3	21.801	1.2759	.47384	1.1846		
4	34.439	1.2759	.72154	1.0522		
5	45.	1.2759	.90217	.90217		
6	58.782	1.2759	1.0911	.66128		
7	74.745	1.2759	1.2309	.3357		
c1, Title="Winkel"						
T22	DEG AUTO		FUNC			

Das wird analog auch mit den Überschriften der anderen Spalten durchgeführt. Die noch leere fünfte Spalte erhält den Titel sinus. Danach bewegen wir den Cursor auf das Feld c5 und geben die Rechenvorschrift c3/c2 ein, wodurch in der 5. Spalte die Sinuswerte berechnet werden, da ähnlich wie in einer Tabellenkalkulation in jeder Zeile die Werte aus Spalte 3 (= Gegenkathete) durch die Werte aus Spalte 2 (= Hypothenuse) dividiert werden.

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot	Setup	Cell	Header	Calc	Util	Stat
DATA	Winkel	Hypot...	Gegen...	Ankat...	sinus	
	c1	c2	c3	c4	c5	
1	2.663	1.2759	.05928	1.2745		
2	14.421	1.2759	.31774	1.2357		
3	21.801	1.2759	.47384	1.1846		
4	34.439	1.2759	.72154	1.0522		
5	45.	1.2759	.90217	.90217		
6	58.782	1.2759	1.0911	.66128		
7	74.745	1.2759	1.2309	.3357		
c5=						
T22	DEG AUTO		FUNC			

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot	Setup	Cell	Header	Calc	Util	Stat
DATA	Winkel	Hypot...	Gegen...	Ankat...	sinus	
	c1	c2	c3	c4	c5	
1	2.663	1.2759	.05928	1.2745	.04646	
2	14.421	1.2759	.31774	1.2357	.24904	
3	21.801	1.2759	.47384	1.1846	.37139	
4	34.439	1.2759	.72154	1.0522	.56553	
5	45.	1.2759	.90217	.90217	.70711	
6	58.782	1.2759	1.0911	.66128	.8552	
7	74.745	1.2759	1.2309	.3357	.96476	
r1c5= .046461399352468						
T22	DEG AUTO		FUNC			

Analog wird in der 6. Spalte der Cosinus berechnet.

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot	Setup	Cell	Header	Calc	Util	Stat
DATA	Winkel	Hypot...	Gegen...	Ankat...	sinus	
	c1	c2	c3	c4	c5	
1	2.663	1.2759	.05928	1.2745	.04646	
2	14.421	1.2759	.31774	1.2357	.24904	
3	21.801	1.2759	.47384	1.1846	.37139	
4	34.439	1.2759	.72154	1.0522	.56553	
5	45.	1.2759	.90217	.90217	.70711	
6	58.782	1.2759	1.0911	.66128	.8552	
7	74.745	1.2759	1.2309	.3357	.96476	
r1c5= .046461399352468						
T22	DEG AUTO		FUNC			

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot	Setup	Cell	Header	Calc	Util	Stat
DATA	Hypot...	Gegen...	Ankat...	sinus	cosin...	
	c2	c3	c4	c5	c6	
1	1.2759	.05928	1.2745	.04646	.99892	
2	1.2759	.31774	1.2357	.24904	.96849	
3	1.2759	.47384	1.1846	.37139	.92848	
4	1.2759	.72154	1.0522	.56553	.82473	
5	1.2759	.90217	.90217	.70711	.70711	
6	1.2759	1.0911	.66128	.8552	.5183	
7	1.2759	1.2309	.3357	.96476	.26312	
c6=c4/c2						
ar1c6 = .99892008607809						
T22	DEG	AUTO	FUNC			

Nun wollen wir die Sinus- und Cosinuswerte in Abhängigkeit vom Winkel darstellen. Dazu wählen wir **[F2]** Plot Setup, unterlegen Plot1 und wählen **[F1]** Define. Die folgenden Einstellungen werden gewählt: xylene - die geplotteten Punkte werden miteinander verbunden -, square - die Punkte werden als Quadrate ausgezeichnet, die Punkte haben als x-Koordinaten die Werte in Spalte c1 und als y-Koordinaten die Werte in Spalte c5.

F1	F2	F3	F4
Define	Copy	Clear	✓
Plot 1:			
Plot 2:			
Plot 3:			
Plot 4:			
Plot 5:			
Plot 6:			
Plot 7:			
Plot 8:			
Plot 9:			
ar1c6 = .99892008607809			
T22	DEG	AUTO	FUNC

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot Type	Mark	X	Y	Dist. Gasket Width	Use Freq and Categories?	Pres
xylene	Square	c1	c5	1	NO	
Enter=SAVE ESC=CANCEL						
T22	DEG	AUTO	FUNC			

Genauso wird vorgegangen, um die Cosinuswerte darzustellen. Mit **[ENTER]** verlassen wir die Ploteinstellungen und kehren in den Data/Matrix Editor zurück.

F1	F2	F3	F4
Define	Copy	Clear	✓
Plot 1:			
Plot 2:			
Plot 3:			
Plot 4:			
Plot 5:			
Plot 6:			
Plot 7:			
Plot 8:			
Plot 9:			
ar1c6 = .99892008607809			
T22	DEG	AUTO	FUNC

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot Type	Mark	X	Y	Dist. Gasket Width	Use Freq and Categories?	Pres
xylene	Cross	c1	c6	1	NO	
Enter=SAVE ESC=CANCEL						
T22	DEG	AUTO	FUNC			

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Define	Copy	Clear	✓			
Plot 1:						
Plot 2:						
Plot 3:						
Plot 4:						
Plot 5:						
Plot 6:						
Plot 7:						
Plot 8:						
Plot 9:						
ar1c6 = .99892008607809						
T22	DEG	AUTO	FUNC			

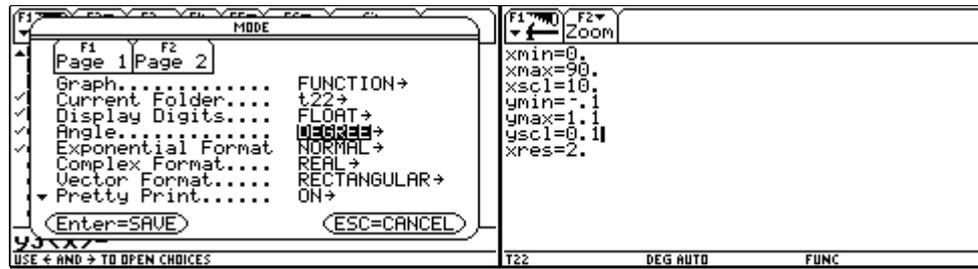
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot Setup	Cell	Header	Calc	Util	Stat	
DATA	Hypot...	Gegen...	Ankat...	sinus	cosin...	
	c2	c3	c4	c5	c6	
1	1.2759	.05928	1.2745	.04646	.99892	
2	1.2759	.31774	1.2357	.24904	.96849	
3	1.2759	.47384	1.1846	.37139	.92848	
4	1.2759	.72154	1.0522	.56553	.82473	
5	1.2759	.90217	.90217	.70711	.70711	
6	1.2759	1.0911	.66128	.8552	.5183	
7	1.2759	1.2309	.3357	.96476	.26312	
ar1c6 = .99892008607809						
T22	DEG	AUTO	FUNC			

Wir wechseln in den **[Y=]**-Editor, finden dort die neu definierten Plots und definieren $y_1(x)$ und $y_2(x)$ mit $\sin(x)$, bzw. $\cos(x)$.

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Zoom	Edit	✓	All	Style	...	
Plots 12						
Plot 4:						
Plot 3:						
Plot 2:						
Plot 1:						
y1=						
y2=						
y3=						
y4=						
y5=						
y6=						
y1(x)=						
T22	DEG	AUTO	FUNC			

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Zoom	Edit	✓	All	Style	...	
Plots 12						
Plot 4:						
Plot 3:						
Plot 2:						
Plot 1:						
y1=sin(x)						
y2=cos(x)						
y3=						
y4=						
y5=						
y6=						
y3(x)=						
T22	DEG	AUTO	FUNC			

Dann kontrollieren wir, ob der Mode für Angle auf DEGREE steht und wählen eine vernünftige Fenstereinstellung.



Unsere geplotteten Werte und die Funktionskurven werden im Graphikfenster über  [GRAPH] angezeigt.

