

Kurzüberblick

(1) WARUM GZ MIT DEM PC:

Im aktuellen Lehrplan hat der Gesetzgeber seine Vorstellungen zur Integration der Informatik in das Fach GZ formuliert. Nur sehr mühsam konnte ein nahezu vollständiges Verdrängen der Geometrie-Inhalte auf Kosten eines "Computerfaches" verhindert werden. Denn erst dann, wenn der Schüler **die geometrischen Grunderfahrungen ohne Computer gemacht hat**, kann dieses Gerät als **Demonstrationsmedium** oder als **interaktives Anwendersystem** dazu beitragen, die Vielfalt der geometrischen Abbildungen, Figuren und Körper im Unterricht zu erhalten, und bei geeignetem Einsatz sogar auszubauen.

(2) WANN UND WIE ERFOLGT DER EINSATZ DES COMPUTERS?

Es besteht Konsens darüber, daß ein Computereinsatz im Geometrie-Unterricht erst dann erfolgen darf, und zwar **nur als Ergänzung zur bis dahin angewandten Methode**, wenn Figuren, Körper und Bewegungen ausreichend "begriffen" und "erfaßt" sind. **Die Vorstellungen von geometrischen Objekten und Abbildungen sowie die Raumerfahrung müssen vor dem Einsatz des Computers als Medium bereits entwickelt sein - 3D-CAD-Systeme helfen natürlich nur dem raumerfahrenen Benutzer!** Damit ist ein Bereich umrissen, in dem weiterhin gefaltet und geknetet sowie mit den traditionellen Konstruktionswerkzeugen und freihand gezeichnet werden muß und in dem der Computer keinen Beitrag zur geometrischen Bildung leisten kann.

(3) WARUM DIE CAD-PAKETE VON PROF. STACHEL?

Die am Institut für Geometrie der TU entwickelten Pakete sind jene der uns bekannten CAD-Pakete, **welche noch am ehesten den Anforderungen des Schulunterrichtes gerecht werden.** Da sämtliche Optionen menügesteuert aufrufbar sind, ist der Zeitaufwand für die Anlernphase, verglichen mit anderen (professionellen) Paketen, wie AUTOCAD oder MICROSTATION eher gering. Zwar können diese an HTL's verwendeten Softwarepakete wesentlich mehr, dafür sind aber auch die Einschulungsphase und die Anforderungen an die Computerausstattung wesentlich umfangreicher.

Bemerkung: Beide Programme wurden vom Programmautor Prof. Stachel für alle österreichischen Schüler und Lehrer freigegeben, das bedeutet, daß diese Programme den Schülern zur Installation auf ihren Privatcomputern weitergegeben werden dürfen.

(4) UNTERSCHIEDE 2D - 3D:

In 2D-Paketen wird das "händische Zeichnen" durch die zur Verfügung stehende Software gleichsam imitiert. Echte 3D-Pakete hingegen ermöglichen den Nachvollzug der räumlichen Analyse, und zwar unterstützt von am Bildschirm permanent "mitlaufenden" Rissen der Raumsituation (Grund-, Auf- und Kreuzriß, axonometrischer Riß). Damit ist unmittelbar einsichtig, daß bereits vor dem Computereinsatz sehr gute Raumerfahrung vorhanden sein muß.

Entscheidend beim zugrundeliegenden CAD-3D-Paket ist die Struktur eines **Volumensmodell**: Grundobjekte des Paketes sind Quader, Prismen, Pyramiden, Zylinder, Kegel, Kugeln, regelmäßige Polyeder,..., dagegen existieren Punkte, Geraden, Ebenen,.. nicht als geometrische Grundelemente. Mit den Objekten eines Volumensmodells ist dann natürlich auch anders zu konstruieren als mit den dem Schüler geläufigen Objekten!

Bemerkung: Die erweiterte Version bietet neben den im Basispaket integrierten Grundobjekten alle im DG-Unterricht der Oberstufe vorkommenden Flächenklassen als Solids (Festkörper) an.

(5) DYNAMISCHE GEOMETRIE:

Die im Stachelpaket (CAD-2D) vorgesehene Option der **Variantenkonstruktion** bietet die Möglichkeit, bei variantengerecht erstellten Konstruktionen durch Änderung der Angabeelemente die gesamte Zeichnung „auf Knopfdruck“ in richtiger Weise zu umzuändern. Allerdings kann bei diesem Vorgang immer nur ein Angabeelement in **eine** neue Lage gebracht werden.

In letzter Zeit wurde daher CAD-Software entwickelt, mit denen dieser Änderungsvorgang stetig (im Zugmodus) vorgenommen werden kann. Pakete wie EUKLID, CABRI GEOMETRIE, THALES,

GEOMETERS SKETCHPAD und ähnliche können daher mit Vorteil zur **Visualisierung** von Sachverhalten der ebenen Geometrie bzw. kinematischer Vorgänge eingesetzt werden. Diese Art von Software dient vor allem der Unterstützung des elementaren Geometrieunterrichtes in den Mathematikstunden und kann zur Schulung der Raumvorstellung, einem Grundanliegen des Faches Geometrisches Zeichnen, nur bedingt oder gar nicht herangezogen werden.

Bemerkung: Die meisten dieser Softwarepakete basieren auf der grafischen Benutzeroberfläche WINDOWS und können daher auf der noch in manchen Schulen vorhandenen Computergrundausstattung nicht installiert werden.

(6) VERMITTLUNG DES BEDIENUNGSKONZEPTES IM UNTERRICHT:

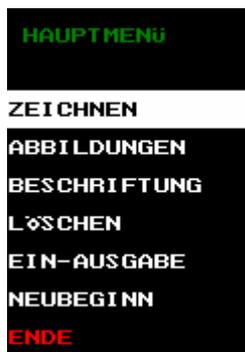
Das Lehrziel hinsichtlich der CAD-Pakete in GZ besteht natürlich nur im **grundsätzlichen Erfassen einer Software**, womit auch ein informatikspezifischer Aspekt eingebracht wird. Vor der Durchführung spezieller Konstruktionen soll das "Spielen" mit der Menüsteuerung geübt werden.

CAD-2D

Einführung und Beschreibung der Arbeitsoberfläche

Nach der Auswahl des Zeichenformates (alle Beispiele sind im Format DIN A4 gehalten, da üblicherweise nur DIN-A4 Drucker in den Schulen vorhanden sind) erscheint die Arbeitsoberfläche des CAD-Paketes. Zur Beschreibung künftiger Tätigkeiten mit dem Softwarepaket verwenden wir einige Begriffe, die hier vorgestellt werden sollen:

MENÜ-AUSWAHL:



Am linken, oberen Rand des Bildschirms befindet sich die Menüauswahl. Im Bild links wird das Hauptmenü angezeigt (die jeweilige Menüebene ist als oberste Zeile angegeben und kann mit dem Rollbalken nicht ausgewählt werden). Im folgenden werden alle Befehle immer ausgehend von diesem Hauptmenü erklärt.

Die gesamte Struktur des Menübaumes, also alle Konstruktions- und Manipulationsbefehle, die das Paket gestattet, können vom Hauptmenü aus durch Drücken der Funktionstaste *F1* eingesehen werden.

Die Auswahl der einzelnen Untermenüs erfolgt durch Anwählen mit dem Rollbalken; dieser kann durch Betätigen der Pfeil- oder Cursortasten oder durch Auf- und Abbewegen der Maus gesteuert werden. Befindet sich der Rollbalken auf dem richtigen Menüpunkt, so kann dieser durch Drücken der Eingabe- (Enter- oder Return-)-Taste oder durch einmaliges Betätigen der linken Maustaste aufgerufen werden.

STATUSZEILE UND FUNKTIONSTASTEN:



In der letzten Zeile des Bildschirms befindet sich die Belegung der einzelnen Funktionstasten (*F1* bis *F10*). Diese Tasten sind meist in der obersten Reihe jeder Tastatur vorzufinden. Durch Betätigen der Taste *F1* kann zu jedem Menüpunkt und zu jeder Zeichenoperation eine Online-Hilfe (kontextbezogene Soforthilfe) aufgerufen werden. Die Belegung der Tasten *F2* bis *F4* werden wir später erlernen; *F5* stellt die Rastereinheiten um - so wird beispielsweise der Raster durch einmaliges Drücken der *F5*-Taste auf 1mm, und durch jedes weitere Drücken auf 5mm, 10mm und anschließend wieder auf kein Raster gestellt. Die jeweilige aktuelle Einstellung kann in der vorletzten Zeile des Bildschirms, der Statuszeile abgelesen werden. In obigen Beispiel ist kein Raster eingestellt. Die Tasten *F6* und *F7* lernen wir beim Konstruieren von geometrischen Objekten näher kennen, sie regeln die Strichart (durchgezogen, strichliert, punktiert und strichpunktiert), die Strichstärke (dünn und dick) und die Farbe (weiß, rot, grün, blau) der geometrischen Figuren. Die restlichen Tasten *F8* bis *F10* werden wir nicht verwenden, da diese durch Betätigen der Maustasten ersetzt werden können.

Bemerkung: Das Durchlaufen der F-Tasten geschieht zyklisch, und mit der Tastenkombination STRG-F* wird der „Gegenzyklus“ aktiviert.*

In der Statuszeile ganz rechts erfolgt die Anzeige der noch verfügbaren Arbeitsspeicherressourcen des Computers; diese ist jedoch nicht exakt, sondern nur näherungsweise. Ein Abfallen unter 20% sollte jedenfalls vermieden werden.

MAUSTASTEN:

- Linke Maustaste:** entspricht der Eingabetaste
 entspricht der Taste 'J' für mit Ja oder Nein zu beantwortende Fragen
 entspricht der Funktionstaste F10
- Rechte Maustaste:** entspricht der 'ESC'-Taste
 entspricht der Taste 'N' für mit Ja oder Nein zu beantwortende Fragen
 entspricht der Funktionstaste F8
 mehrmaliges Drücken entspricht der Funktionstaste F9

DAS ZEICHENFELD:

Der Großteil des Bildschirms wird vom Zeichenfeld ausgefüllt. Die schwarz hinterlegte Zeichenfläche ist mit gelben Punkten im Zentimeterabstand gerastert; diese Rasterung dient einerseits der besseren Orientierung am Zeichenfeld, und kann andererseits zur Konstruktion von Punkten mit ganzzahligen Koordinaten ausgenutzt werden (siehe Funktionstaste F5). Der gelb schraffierte Teil markiert jenen Teil des Zeichenfeldes der außerhalb des physikalischen Blattes, und daher sicher nicht im bedruckbaren Bereich eines Zeichenblattes liegt. Da die meisten Drucker nicht in der Lage sind, ein komplettes DIN A4-Blatt bis zum Blattrand zu bedrucken, empfiehlt es sich, nur innerhalb des gerasterten Zeichenfeldes zu konstruieren.

Bemerkung: Bei Auswahl des Querformates wird ein größerer Ausschnitt des Zeichenfeldes angezeigt.

Erste Schritte mit CAD-2D

LADEN EINER VORGEFERTIGTEN ZEICHNUNG:

Wie bereits erwähnt werden alle Befehle ausgehend vom Hauptmenü beschrieben.

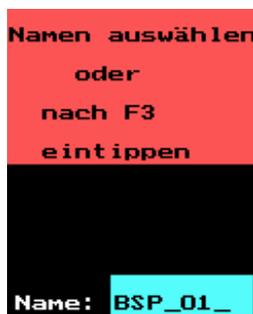
In fast allen Fällen müssen wir am Beginn einer Konstruktion ein neues, leeres Zeichenblatt im richtigen Format laden; dies geschieht durch Auswahl des Menüpunktes **NEUBEGINN**. Nach Beantwortung der Meldung „Wirklich Neubeginn (J/N)“ (Bestätigen durch Drücken der linken Maus- oder der 'J'-Taste) wählen wir das Format DIN-A4-hoch aus.

Um eine bereits vorgefertigte Zeichnung zu laden, wechseln wir in das Untermenü **EIN-AUSGABE**, wo wir den Menüpunkt **EINLESEN** ausführen.

```

Aktuelles Verzeichnis: A:\EINFUEHR
..          bsp_01  bsp_02  bsp_03  bsp_04  bsp_05
bsp_06     bsp_07  bsp_08  bsp_09  bsp_10  bsp_11
A:\        B:\        C:\
  
```

Anstelle des Zeichenfeldes erscheint, wie beim Aufruf der Hilfe durch die 'F1'-Taste, ein blau unterlegter Hilfsbildschirm, in dem alle, im aktuellen Verzeichnis verfügbaren CAD-Dateien aufgelistet sind. Wir stellen nun entweder den Leuchtbalken mit Maushilfe auf die Datei 'bsp_01' oder geben nach Drücken der Funktionstaste 'F3' (vergleiche die Meldung im Dialogfeld) den Namen der Datei 'BSP_01' auf der Tastatur ein. *Hinweis: Das Programm unterscheidet nicht zwischen Groß- und Kleinschreibung!* Nach Bestätigen durch Drücken der linken Maustaste oder der Eingabetaste wird die Zeichnung BSP_01 geladen. Das **SPEICHERN** einer fertigen Zeichnung (Datei) verläuft analog und bedarf daher (hoffentlich) keiner weiteren Erklärung.





Eine etwas eingehendere Betrachtung des Hilfsbildschirmes für das Speichern und Laden zeigt eine Unterscheidung zwischen Dateien, Verzeichnissen und Laufwerken: die in Kleinbuchstaben gehaltenen Namen (bsp_01, bsp_02,...) bedeuten Zeichendateien, die in Großbuchstaben angegebenen Namen (AXO, EBENEFIG, EINFUEHR, ...) stehen für Unterverzeichnisse, der Doppelpunkt zeigt ein eventuell vorhandenes Oberverzeichnis an, und die Bezeichnungen 'A:\', 'B:\' und 'C:\' stehen für zwei Diskettenlaufwerke und eine Festplatte. In der ersten Zeile steht jeweils das momentan aktuelle Verzeichnis (in den beiden Beispielen also einerseits das Unterverzeichnis 'EINFUEHR' auf der Diskette im Laufwerk 'A:\' und andererseits das Wurzelverzeichnis auf derselben Diskette.

BESONDERHEITEN DES UNTERMENÜS ZEICHNEN:

Wir wechseln wieder in das **HAUPTMENÜ**, um von dort aus das Untermenü **ZEICHNEN** anzuwählen.



Dieses Untermenü beinhaltet die Zeichenfunktionen für Strecken, Kreise und Kreisbögen. Nach dem Aufruf des Menüpunktes **STRECKE** verschwindet der Rollbalken in der Menüauswahl; im Zeichenfeld erscheint in der Bildmitte (Koordinatenursprung (0/0)) ein kreuzförmiger Mauscursor, der mittels Maus (oder notfalls mit den Pfeiltasten) bewegt werden kann. In der Menüauswahl deuten zwei grüne „<<“-Zeichen an, welche Zeichenfunktion gerade aktiv ist.

Weiters wird uns das rot hinterlegte **Dialogfeld**, welches sich links unterhalb der Menüauswahl befindet, auffallen. In diesem Feld versucht das Programm mitzuteilen, wie der nächste Konstruktionsschritt abzulaufen hat. In der Abbildung rechts verlangt das Programm

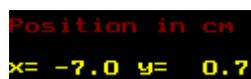


z.B. zur Konstruktion einer Strecke den Anfangspunkt, der durch Betätigen der linken Maustaste festgelegt werden kann; ein Druck auf die rechte Maustaste bricht das Zeichnen einer Strecke (eines Streckenzuges) ab (siehe Konstruktion von Strecken weiter unten).

Wir wollen mit dem CAD-Paket vorerst nur die Handhabung der Maus einüben. Unsere Aufgabe besteht daher bei den ersten Beispielen lediglich darin, die beschrifteten Eckpunkte von Streckenzügen genau anzufahren, und die Koordinaten dieser Eckpunkte zu ermitteln.

BSP_01 - BSP_03:	Format DIN A4 hoch
Lernziele:	Einlesen von Dateien (Zeichnungen)
	Einstellen des Rasters (mit <i>F5</i>)
	Mausbedienung
	Ablesen von Koordinaten
	Zeichenfläche löschen mittels Neubeginn

ABLESEN VON KOORDINATEN:



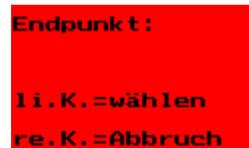
Bewegen wir die Maus im Zeichenfeld, so können wir in der linken Bildschirmspalte zwischen Menüauswahl und Dialogfeld die Position der Maus im **Positionsfeld** ablesen. Die Maus läßt sich vorerst ohne Einschränkung im Zeichenfeld bewegen; wir können die exakten Koordinaten im Positionsfeld nur schwer ablesen. Stellen wir jedoch den Raster durch zweimaliges Drücken der *F5*-Taste auf 5mm oder durch dreimaliges Drücken auf 10mm (Anzeige in der Statuszeile beachten), so läßt sich der Mauscursor nur mehr schrittweise im

Zeichenfeld bewegen; die Eckpunkte mit ganzzahligen Koordinaten können nun leicht und exakt erreicht werden.

FÜR UNSERE ERSTEN VERSUCHE MIT DEM CAD-2D-PAKET VERWENDEN WIR DESHALB IMMER MIT VORTEIL DIE RASTERFUNKTION.

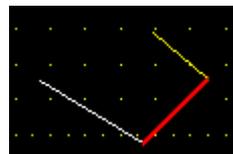
ZEICHNEN VON STRECKEN:

Wir starten mit einem leeren Zeichenfeld im Format DIN A4 quer und befinden uns im Menüpunkt **STRECKEN** zeichnen. Wir bewegen nun den Mauscursor an eine beliebige Stelle des Zeichenfeldes und betätigen die linke Maustaste, um den Anfangspunkt einer Strecke festzulegen (im Dialogfeld ändert sich nun die Anzeige - vergleiche die linke Abbildung). Bewegen wir nun die Maus, so erscheint im Zeichenfeld ein gelber Gummifaden, der im zuvor gewählten Startpunkt beginnt und an der aktuellen Position des Mausursors endet. Wir können uns daher, die Lage der zu zeichnenden Geraden gut vorstellen. Haben wir uns für einen Endpunkt entschieden, so betätigen wir wiederum die linke Maustaste, der gelbe Gummifaden erscheint wieder, ...



Wollen wir den Streckenzug abbrechen, um eine neue Strecke (Streckenzug) zu beginnen, so drücken wir einmal die rechte Maustaste; der Gummifaden verschwindet und der Mauscursor läßt sich zum Anfangspunkt der nächsten Strecke bewegen.

Um Strecken in anderen Farben bzw. Linienarten zeichnen zu können, müssen wir vor dem Festlegen des Endpunktes die Funktionstasten *F6* bzw. *F7* betätigen; die gerade aktuelle Einstellung wird in der Statuszeile über der jeweiligen Funktionstastenbelegung angezeigt.



Bemerkung: Farbe, Linien- und Strichart von geometrischen Objekten können auch im nachhinein geändert werden (ZEICHNEN - LINIE ÄNDERN - STRICH ÄNDERN)

Sollte eine Strecke falsch gezeichnet worden sein, so gibt es zwei Möglichkeiten diese aus dem Zeichenfeld zu **löschen**.

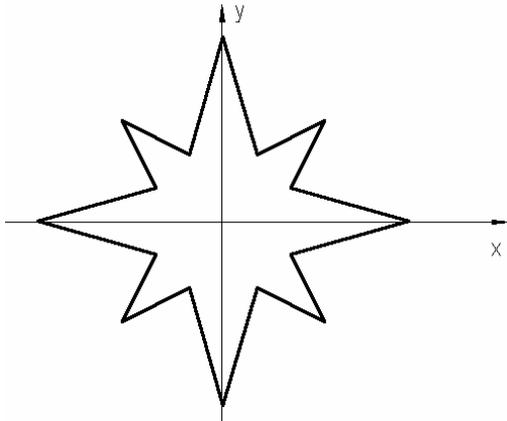
a) **Letzten Konstruktionsschritt rückgängig machen:** Soll die zuletzt gezeichnete Strecke gelöscht werden, so kann durch mehrmaliges Betätigen der rechten Maustaste (oder durch Drücken der Funktionstaste *F9* - UNDO) der letzte Konstruktionsschritt rückgängig gemacht werden. Die vom Computer gemachte Mitteilung „Wollen Sie wirklich den letzten Konstruktionsschritt rückgängig machen (J/N)“ beantworten wir entweder durch Drücken der ‘*J*’- oder der linken Maustaste. Diese Methode ist ein wichtiges Konstruktionselement (vergleiche Textverarbeitungen und andere Software); sie wird uns bei falscher Anwendung von Abbildungen äußerst nützlich sein.

b) **Linien löschen:** Der Menüpunkt **LÖSCHEN-LINIE** bzw. **ZEICHNEN-LINIE ÄNDERN-LÖSCHEN** ermöglicht es uns, gezielt Strecken (Kreise, Kreisbögen) vom Zeichenfeld zu entfernen. Nach Aufruf einer der beiden Menüpunkte erscheint im Dialogfeld die Meldung „Linie mit Maus antippen“. Der Mauscursor läßt sich nun trotz eingestelltem Raster wieder frei bewegen, wir stellen ihn auf das zu löschende Zeichenelement und betätigen die linke Maustaste. Die angewählte Strecke blinkt gelb und die Mitteilung „Ist diese Strecke gemeint (J/N)“ erscheint am Bildschirm. Haben wir die richtige Strecke angetippt, so beantworten wir diese und die folgende Mitteilung „Linie wirklich löschen (J/N)“ mit der ‘*J*’- oder besser mit der linken Maustaste (Aktionen mit Zeichenprogrammen und graphischen Benutzeroberflächen werden fast ausschließlich mit der Maus ausgeführt!).

VERGRÖßERN VON BILDAUSSCHNITTEN - ZOOMEN:

Bei der Verwendung kleiner Schriften, bei Detailkonstruktionen und vor allem zur Schonung der Augen sollte die Zoom- oder Vergrößerungsfunktion (Lupe) verwendet werden. Diese kann während jedes Konstruktionsschrittes durch Drücken der Funktionstaste ‘*F4*’ aufgerufen werden. Anstelle des kreuzförmigen Mausursors erscheint ein L-förmiger in Blattmitte. Wir bewegen dieses ‘*L*’ auf die linke, untere Ecke jenes Bildausschnittes, den wir vergrößern wollen. Nach Betätigen der linken Maustaste wird aus dem ‘*L*’ ein gelbes, variables Rechteck, das den zu vergrößernden Bildausschnitt darstellt. Nachdem wir uns für einen geeigneten Ausschnitt entschieden haben, teilen wir dies dem Programm durch nochmaliges Drücken der linken Maustaste mit. Am Bildschirm erscheint nun der

vergrößerte Teil des Zeichenfeldes. Nach zweimaligem Betätigen der 'F4'-Taste (beachte die Statuszeile) wird wieder das gesamte Zeichenfeld angezeigt.



Zum Einüben obiger Konstruktionsbefehle laden wir die Datei BSP_04 (Querformat). Der zu konstruierende Streckenzug (dick, voll, grün) ist in den letzten beiden Zeilen des Zeichenfeldes angegeben (A(0/5,5), B(2/4), C(3/3), D(2/1), E(5,5/0), F(2/-1), G(3/-3), H(1/-2), I(0/-5,5), J(-1/-2), K(-3/-3), L(-2/-1), M(-5,5/0), N(-2/1), O(-3/3), P(-1/2), A).

Um die Koordinaten besser lesen zu können, werden einzelne Ausschnitte gezoomt; anschließend wird der Streckenzug gezeichnet. Der offensichtliche (?) Angabefehler wird anschließend durch Löschen und Neukonstruktion ausgebessert.

Anmerkung: Das Objekt kann mit Hilfe von Abbildungen natürlich wesentlich rascher und eleganter konstruiert werden.

BESCHRIFTUNGEN VON ZEICHNUNGEN:

BSP_05: Wir konstruieren die folgende geometrischen Figuren und deren Symmetrieachsen unter Verwendung geeigneter Farben und Linienarten (z.B.: Figuren ... dick, voll, grün; Symmetrieachsen ... dünn, strichpunktirt, rot).

ABCD[A(-11/3), B(-7/3), C(-7/7), D(-11/7)], EFGH[E(-3/3), F(2/3), G(1/6), H(-2/6)], IJKL[I(6/5), J(8/2), K(10/5), L(8/7)], MNOP[M(-11/-6), N(-7/-6), O(-6/-2), P(-10/-2)], QRST[Q(-1/-1), R(-3/-6), S(0/-7), T(3/-3)], UVWX[U(5/-3), V(6/-6), W(10/-6), X(12/-3)].

(Achtung: ab nun soll der Raster der Angabe angepaßt sein!)



Anschließend sollen die Objekte beschriftet werden. Dazu rufen wir den Menüpunkt **BESCHRIFTUNG** auf. Links oberhalb der Statuszeile erscheint eine blau hinterlegte Eingabezeile, in der ein bis zu 30 Zeichen langer Text eingetragen werden kann. Für diverse Sonderzeichen rufe man die Hilfe mit 'F1' auf. Mit den Funktionstasten 'F5' und 'F6' können in diesem Menü

die Neigung der Schrift (gerade oder schräge Normschrift) und die Größe (2,5mm, 3,5mm, 5mm, 7mm, 10mm und 20mm) eingestellt werden. (Tip: Bei allen Einstellungsänderungen mittels Funktionstasten kann die Reihenfolge durch gleichzeitige Verwendung der 'STRG'- oder 'CTRL'- (Steuerungs- bzw. Control) Taste umgedreht werden!) Nach Wahl der geeigneten Schriftart wird die Eingabe des Textes mit der Eingabetaste oder der linken Maustaste beendet. Das Programm fordert nun im Dialogfeld die Eingabe der Zeilenneigung (0°... Voreinstellung, parallel zum unteren Blattrand). Nachdem wir die gewünschte Neigung (eingegeben und) bestätigt haben, erscheint am Bildschirm ein gelbes, mit der Maus verschiebbares Rechteck, welches die Ausmaße des zu schreibenden Textes am Zeichenfeld markiert. Wir wählen die richtige Position aus und bestätigen wiederum mit der Eingabetaste.

In unserem Beispiel sollen das Zeichenblatt mit Namen und Blattnummer (7mm), die Objekte (5mm) und die Eckpunkte (3,5mm) beschriftet werden.

ABBILDUNGEN:

Das Untermenü **ABBILDUNGEN** stellt die wichtigsten geometrischen Transformationen, wie Schiebung, Drehung, Spiegelung und zentrische Ähnlichkeit zur Verfügung. Wir wollen anhand der in BSP_06 angegebenen Fliesen das Pflastern (lückenloses Füllen) von Ebenen kennenlernen. Eine dieser quadratischen Fliesen (Seitenkantenlänge 4cm) wird konstruiert und in die linke, untere Ecke des Zeichenfeldes (innerhalb des punktierten Rasters) geschoben; dazu wird der Menüpunkt **ABBILDUNGEN - SCHIEBUNG** aufgerufen, der Schiebvektor angegeben und die Frage „Bleibt das Urbild erhalten (J/N)“ negiert. Zur Festlegung der Schiebung verwenden wir klarerweise die Rasterfunktion (10mm). Diese Ausgangsfliese werden wir nun mehrfach kopieren, und zwar so, daß vorerst eine Spalte mit 4 Fliesen entsteht (Urbild bleibt jeweils erhalten, Schiebstrecken werden nicht gezeichnet). Anschließend kopieren wir diese Spalte mittels Schiebung mehrfach nach rechts. Die Frage „Nur die zuletzt abgebildete Figur abbilden (J/N)“ beantworten wir mit ‘N’ (oder rechte Maustaste), damit die gesamte Spalte kopiert wird. Eine positive Antwort mit ‘J’ würde bewirken, daß lediglich die oberste (die zuletzt erstellte) Fliese nach rechts kopiert wird. Diese Translation wird 6-mal ausgeführt, sodaß das Zeichenfeld gefüllt wird. Abschließend zentrieren wir die fertige ‘Pflasterung’ am Zeichenfeld (Schiebung, Urbild bleibt nicht erhalten), und beschriften die fertige Arbeit.

In analoger Weise werden die **Drehung** und **Spiegelung** behandelt (siehe folgende Übungsbeispiele). Wir beachten dabei wieder, daß die positive Beantwortung der Frage „Bleibt das Urbild erhalten (J/N)“ ein Kopieren der gesamten Zeichnung bedeutet. Versehentlich oder falsch durchgeführte Abbildungen können durch mehrmaliges Drücken der rechten Maustaste (letzten Konstruktionsschritt rückgängig machen) ausgebessert werden.

STERN 1:	Zeichne den Streckenzug A(0/4,5), B(2/7,5), C(2/2); spiegle diesen an [OC]; drehe das entstandene Objekt 3-mal jeweils um 90°; das Gesamtobjekt ist nochmals um 45° zu drehen.
STERN 2:	Zeichne den Streckenzug A(0,2/0,2), B(0,2/8,5), C(2/3,5), A; spiegle diesen an der gedachten y-Achse und drehe das entstandene Objekt 3-mal jeweils um 90°. Mit diesem Beispiel kann die Eingabe durch XY-Kordinaten (Funktionstaste ‘F3’) eingeführt werden.
STERN 3:	Zeichne den Streckenzug A(0,2/0,4), B(0,2/8,5), C(2/3,5), A; spiegle diesen an der gedachten y-Achse und drehe das entstandene Objekt 4-mal jeweils um 72°.
STERN 4:	Zeichne die Streckenzüge A(0/8,5), B(3/5,5), O und O, C(6/6), B; spiegle diesen an [OA] (Spiegelachse zeichnen!); drehe das entstandene Objekt 3-mal jeweils um 90°.
STERN 5:	Wir lernen das Zeichnen in Polarkordinaten (Funktionstaste ‘F3’ zweimal betätigen - erfordert die Eingabe eines Winkels (bezogen auf die zuletzt gezeichnete Strecke) und einer Länge): zeichne den Streckenzug A(r=8/54°), B(0/4,5), O; spiegle diesen an [OA]; drehe das entstandene Objekt 4-mal jeweils um 72°.
STERN 6:	Zeichne den Streckenzug A(r=5/60°), B(0/8); spiegle diesen an der gedachten y-Achse; drehe das entstandene Objekt 5-mal jeweils um 60°.

Übungsaufgaben zu CAD2D

Um die Einsatzmöglichkeiten des CAD-2D-Paketes kennenzulernen, wollen wir aus den im GZ-HANDBUCH behandelten Anwendungsgebieten exemplarisch einige Aufgaben lösen.

1) **Abbildungen:**

Unter Verwendung der Datei FLIES2AN(?) soll das Eschermotiv „Fische und Vögel“ hergestellt werden.

2) Kann die Ebene mit allgemeinen Vierecken gleicher Gestalt lückenlos überdeckt werden?

3) **Arbeiten in Parallelrissen:**

Lade die Datei ORIGINAL und konstruiere die drei angegebenen Risse eines Holzmodells.

4) In der Zeichnung VAR6X4 sollen vier verschiedene Ansichten eines technischen Objekts in der richtigen Sichtbarkeit ausgeführt werden.

5) **Polyederkonstruktionen:**

Verbindet man benachbarte Seitenkantenmitten eines Würfels, so entsteht ein unter dem Namen Kuboktaeder bekanntes archimedisches Polyeder. Die Eckpunkte eines Kuboktaeders liegen aber auch auf den Seitenkantenmitten eines Oktaeders (daher der Name!). Illustriere dies unter Verwendung der Datei WUERFEL2.

6) Welcher Platonische Körper entsteht, wenn man benachbarte Seitenflächenmittelpunkte eines Würfels verbindet? Illustriere dies ebenfalls unter Verwendung der Datei WUERFEL2.

7) **Variantenkonstruktion in der Ebene:**

Errichte über den Seiten eines allgemeinen Vierecks ABCD Quadrate nach außen; verbinde die Mittelpunkte der Quadrate über AB und CD und der Quadrate über BC und DA.

Was kann (vermutlich) über diese beiden Strecken ausgesagt werden? (FORDER)

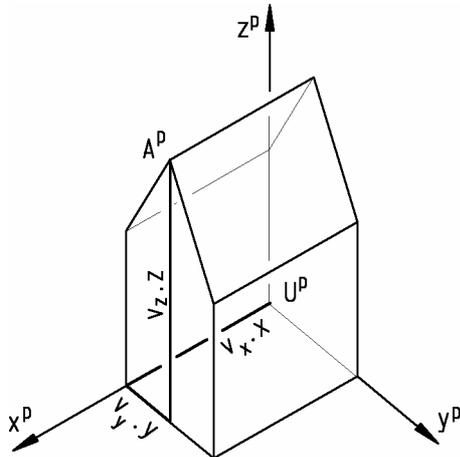
Mittels Variantenkonstruktion ist aus dem Viereck ein Dreieck und anschließend eine Strecke zu machen. Bleibt obige Vermutung richtig?

8) **Variantenkonstruktion:**

Von einem vorgegebenen Holzmodell ist variantengerecht ein axonometrischer Riß anzufertigen. Weiters sind Grund- und Aufriß des Objekts zu konstruieren.

HINWEISE ZUR COMPUTERGESTÜTZTEN ERSTELLUNG AXONOMETRISCHER RISSE

AXONOMETRISCHE RISSE:



Wir geben den Riß U^p des Koordinatenursprungs U sowie die orientierten Risse x^p, y^p, z^p der Koordinatenachsen des **räumlichen kartesischen Rechtskoordinatensystems** vor; weiters schreiben wir für jede Achse den betreffenden Verzerrungsfaktor - v_x bzw. v_y bzw. v_z - vor. Damit können wir axonometrische Risse wie folgt konstruieren:

Den axonometrischen Riß A^p eines Punktes A konstruieren wir als Endpunkt des axonometrischen Risses eines **Koordinatenweges** zu A . Die an einem Koordinatenweg zu A beteiligten, jeweils achsenparallelen Strecken bilden wir unter Verwendung der **Gesetze einer Parallelprojektion** (Parallelentreue, Teilverhältnistreue - untereinander jeweils gleiche Verzerrung für Strecken in zur x - bzw. y - bzw. z -Achse parallelen Strecken) axonometrisch ab.

Klarerweise bevorzugen wir jene Koordinatenwege, welche auch Kanten des konkreten Objektes tragen.

Schließlich haben wir noch die **Sichtbarkeitsverhältnisse** zu berücksichtigen:

Anhand eines Quadermodells (bzw. mit Hilfe von Geodreieck und Zirkel) erkennen wir, daß die brettförmig vorgestellte xy -Ebene genau dann von oben betrachtet wird, falls der **positive x -Pfeil auf kürzestem Weg in den positiven y -Pfeil durch eine Drehung im Gegenuhrzeigersinn** (positiver mathematischer Drehsinn) übergeführt wird: Es liegt dann **OBERSICHT** vor.

Im anderen Fall spricht man von einer **UNTERSICHT**.

Für eine gute räumliche Wiedergabe des Objektes durch einen axonometrischen Riß haben wir zwischen sichtbaren und verdeckten Kanten bzw. Objektteilen in der Ausführung zu unterscheiden, wobei jener axonometrische Riß als *schön* gelten kann, welcher die im konkreten Objekt steckenden räumlichen Informationen möglichst ungestört dem Betrachter vermittelt.

Bemerkung: Manchmal bringen verdeckte Kanten etwas - etwa strichliert oder punktiert -, manchmal dagegen stören solche Linien den Gesamteindruck des axonometrischen Risses.

Weiters ist für das Wiedergeben von "Vorne - Hinten bezüglich der Sehstrahlen" das Aussparen kurzer Strecken im axonometrischen Riß von solchen Kanten sinnvoll, welche von einer nichtverdeckten Position in eine verdeckte Lage wechseln.

UMSETZUNG AUF DEM COMPUTER:

Beim CAD-2D-Zugang wird an diesem Prinzip nichts geändert, lediglich folgende Details sind zu modifizieren:

- (1) Wir geben zweckmäßig die in U^p kopunktalen Risse der Einheitsstrecken in den Koordinatenachsen x, y, z an: Dadurch haben wir **einmal** für jede Achsenrichtung vorgeschrieben, mit welchem Faktor - also v_x bzw. v_y bzw. v_z - eine Strecke dieser Richtung verzerrt - d.h. multipliziert - wird.

Die konkrete Eingabe erfolgt entweder mit der **MAUS** oder über die Option **xy-Koordinaten** oder unter Verwendung der Option **Polarkoordinaten**.

Bemerkung: Soll eine Zeichnung ausschließlich mit dem Computer angefertigt werden, so wird man die Angabe mit der Maus festlegen („freie Wahl der Angabeelemente“); für Arbeitsblätter, welche mit traditionellen Zeichengeräten vervollständigt werden, wird man die Angabe mittels xy - bzw. Polarkoordinaten festlegen („runde Werte für die Angabeelemente“).

- (2) Für das Eintragen der Koordinatenwege kommt man mit dem Menüpunkt **PARALLELE** (Länge wählen - Taste *F3* - Faktor wählen - Taste *F*) allein aus, denn der relevante Verzerrungsfaktor steckt schon im axonometrischen Riß der betreffenden Einheitsstrecke.
- (3) Nach Entscheidung von **OBER-** oder **UNTERSICHT** benötigt man für die Berücksichtigung verdeckter Kanten sowie für das Aussparen die Menüpunkte **ZERTEILEN**, **LÖSCHEN** und **STRICH ÄNDERN**.

VARIANTENKONSTRUKTION:

Etwas wirklich Neues beim Übergang vom händischen Konstruieren zum Einsatz eines CAD-2D-Paketes kommt erst bei einer **VARIANTENKONSTRUKTION** dazu:

Bereits bei der **Planung der Konstruktion** ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die konstruierten Linien nicht nur gezeichnet, sondern auch gegenseitig verbunden werden - denn die Option *v* - wie **Variantenkonstruktion** - rechnet die Konstruktion mit geänderten Anfangsdaten neu durch.

Zum Beispiel: Bei der Konstruktion der Illustration des Satzes von FORDER (Aufgabe 7) ist das Viereck mit der Option Snap (Tasten *F2 F2* - Einfangen eines Endpunktes) zu schließen; das koordinatenmäßige Übereinstimmen des Anfangspunktes der ersten Strecke mit dem Endpunkt der vierten Strecke genügt nicht!

*Bemerkung 1: Die Option **v** nimmt Beschriftungen natürlich nur dann mit, falls deren Placierung mit der Konstruktion verbunden ist.*

*Bemerkung 2: Bei einer Variantenkonstruktion kann natürlich die Berücksichtigung der Sichtbarkeitsverhältnisse eines mit CAD-2D konstruierten axonometrischen Risses **NICHT** in sinnvoller Weise mitgenommen werden. Es werden ja dreidimensionale Vorgänge auf dem zweidimensionalen Konstruktionsblatt nachgeahmt.*

*Bemerkung 3: Außerdem sollte die **Angabefigur** zum Antippen der zu ändernden Punkte, Kreise... **gemerkt** werden (am besten durch unterschiedliche Farbgebung). Beim Beispiel FORDER ist dies das Ausgangsviereck, bei einem axonometrischen Riß eines Objekts besteht die Angabefigur aus den Rissen der Koordinatenachsen und dem Riß des Koordinatenursprungs.*

QUINTESSENZ FÜR'S PLANEN VON VARIANTENKONSTRUKTIONEN:

Zuerst **OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DER SICHTBARKEIT, BESCHRIFTUNG**,... konstruieren - **DRAHTGITTERMODELL** - dann eine **VARIANTENKONSTRUKTION ANWENDEN** und erst zuletzt die **SCHÖNE AUSFÜHRUNG ANFERTIGEN**.

CAD-3D

Einführung und Beschreibung der Arbeitsoberfläche

Nach der Auswahl des Zeichenformates erscheint die Arbeitsoberfläche des CAD3D-Paketes, die große Ähnlichkeit zum CAD2D-Paket besitzt. Somit erübrigt sich eine detaillierte Beschreibung; im Unterricht entfällt daher die zeitraubende Tätigkeit des Kennenlernens der Benutzeroberfläche.

STATUSZEILE UND FUNKTIONSTASTEN:



Vergleichen wir die Statuszeile und die Belegung der einzelnen Funktionstasten (*F1* bis *F10*) mit den bereits bekannten Teilen aus dem CAD2D-Paket so fällt auf, daß nur die Funktionstasten *F6* und *F8* mit neuen Inhalten belegt sind. Wir werden diese beiden Funktionstasten bei der Ausführung unseres Einführungsbeispiels kennenlernen.

Besondere Bedeutung (speziell bei leistungsschwachen Rechnern) kommt der in der Statuszeile ganz rechts erfolgten Anzeige der noch verfügbaren **Arbeitsspeicherressourcen** des Computers zu; ein Abfallen unter 30% sollte unbedingt vermieden werden, da sonst die Gefahr eines Programmabsturzes besteht.

DAS ZEICHENFELD:

Das Zeichenfeld ist dem dreidimensionalen Konstruieren angepaßt und besteht daher aus vier verschiedenen Bereichen, Grundriß 'G', Aufriß 'A', Kreuzriß 'K' und normale Axonometrie 'X'. Die Konstruktionen werden gleichzeitig in allen vier Rissen ausgeführt.

ZEICHENOBJEKTE EINES VOLUMSMODELIERERS:

Bei den bisher verwendeten zweidimensionalen Zeichenpaketen und im herkömmlichen Geometrieunterricht haben wir mit „gewichtlosen“ Punkten, Geraden, Ebenen und Flächen bzw. deren Teilmengen (Strecken, Rechtecke, ...) gearbeitet. Unsere neuen Arbeitsobjekte, wie Würfel, Quader, Zylinder, Kugeln, usw. besitzen jetzt allerdings ein Volumen. Begriffe, wie Punkte und Geraden verwenden wir nur mehr zur Orientierung auf den Objekten, es sind dies aber keine Objekte unserer „Volumsgeometrie“; eine Verbindungsgerade zweier Punkte kann also nicht konstruiert werden. Mit diesen neuen Objekten („Primitives“ = „Grundkörper“ = „Solids“) sind auch neue Konstruktionsabläufe verknüpft: wir werden Objekte verbinden („zusammenkleben“), den Durchschnitt und die Differenz von Grundkörpern bilden („ausfräsen“) und vor allem Raumtransformationen auf unsere „Zeichenelemente“ anwenden. Statt elektronischem Zirkel, Lineal und Bleistift arbeiten wir **Boole'sche Operationen**.

Erste Schritte mit CAD-3D

WÜRFELGRUPPIERUNGEN:

Stelle Würfelgruppierung nach Bilder- und selbst erstellten räumlichen Vorlagen her.

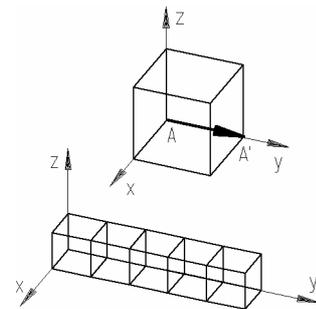
Wir stellen den Raster auf 10mm (F5) und rufen den Menüpunkt **ENTWERFEN - QUADER** auf. Im Grundriß konstruieren wir ein 1cm x 1cm großes Quadrat und ziehen dieses im Auf- oder Kreuzriß in die Höhe, so daß ein Einheitswürfel entsteht. In allen vier Rissen wird nun der Würfel (ohne Berücksichtigung der Sichtbarkeit) gleichzeitig angezeigt.



Bemerkung: Im Unterschied zum CAD-2D-Paket ist hier die Zeicheneinheit mm und nicht cm. Die aktuelle Raumposition des Cursors kann wiederum unterhalb der Menüleiste abgelesen werden, außerdem wird in dem blau hinterlegten Feld der momentan gültige Arbeitsbereich angezeigt.

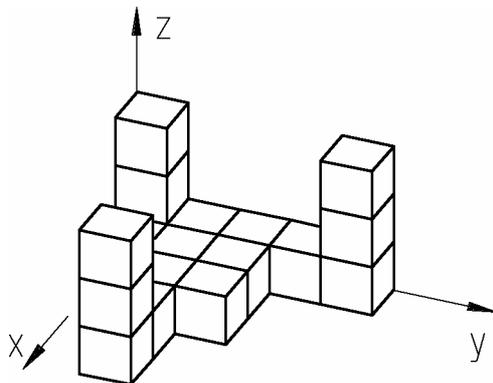
Den eben konstruierten Einheitswürfel verschieben wir längs der y-Achse (vgl. Figur), so daß fünf einander berührende Einheitswürfel entstehen. Mit dem Menüpunkt **ENTWERFEN - KOPIEREN - SCHIEBUNG** können diese nach Eingabe des Schiebvektors (beachte: ein **Raumpunkt** ist erst durch Angabe von **drei Koordinaten**, also erst nach Festlegung in **zwei Rissen** bestimmt) einfach generiert werden. Als Schiebvektor verwenden wir am besten die im Raster liegenden Punkte A und A'.

*Bemerkung: Der Menüpunkt **KOPIEREN** entspricht im CAD-2D-Paket jenem Abbilden, bei dem das Urbild erhalten bleibt. Will man hingegen nur das Ergebnis einer (räumlichen) Transformation, so ist der Menüpunkt **VERLAGERN** zu verwenden (Urbild bleibt nicht erhalten).*



In analoger Weise erzeugen wir mittels Kopieren weitere Würfel, um die untenstehende Würfelgruppierung zu erhalten.

Der zweite Würfel auf der y-Achse soll als nächstes parallel zur x-Achse verschoben werden. Wir üben dabei das Einfangen von Raumpunkten mit der Funktion **SNAP (F2)**. Den Schiebvektor legen wir über die x-parallele Kante durch den Punkt A' fest; das Einfangen der Punkte mittels F2 F2 kann am besten im axonometrischen Riß ausgeführt werden. Nach der Festlegung muß nun der zu kopierende Körper ausgesucht werden, dabei ist zu beachten, daß die Auswahl eines Körpers durch Antippen des **Umrisses** erfolgt; ein Antippen im Körperinneren führt zu der Meldung „Keinen Körper gefunden“.



Wir wählen den zweiten Würfel auf der y-Achse aus, verschieben diesen viermal und verwenden denselben Schiebvektor, um die weiteren in der xy-Ebene befindlichen Einheitswürfel zu konstruieren. Durch Anwendung einer z-parallelen Schiebung kann die Würfelgruppierung problemlos fertiggestellt werden.

Nun wenden wir uns den zum CAD-2D-Paket verschiedenen Belegungen der Funktionstasten F6 (Risse) und F8 (Sichtbarkeit) zu:

Folgende **Sichtbarkeitsmodi** sind verfügbar (beachte jeweils das Zylindersymbol):

- 1A ... Ohne Sichtbarkeit; Flächen mit Parameterlinien (bester Modus für das Konstruieren)
- 1B ... Ohne Sichtbarkeit; Flächen ohne Parameterlinien
- 2A ... Richtige Sichtbarkeit; Flächen mit Parameterlinien
- 2B ... Richtige Sichtbarkeit; Flächen ohne Parameterlinien
- 3 ... Objekte mit Schattierung

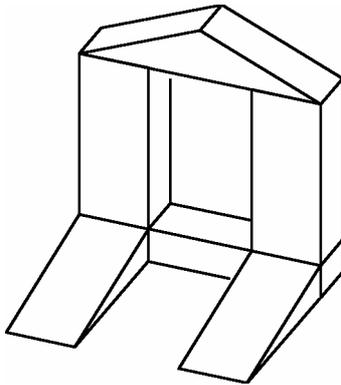
Bemerkung: Der Bildaufbau, der bei umfangreichen Objekten relativ lange dauert, kann jeweils durch Betätigen der F8-Taste unterbrochen werden; das Abwarten des vollständigen Bildaufbaus ist daher nicht notwendig!

Will man nur bestimmte Ansichten des Objekts bzw. Bildausschnitte des Zeichenblattes herstellen, so verwendet man die Zoomfunktion (F4) oder die F6-Taste.

Bemerkung: Da vielen Schülern das Anwenden von Raumtransformationen anfangs Schwierigkeiten bereitet, sollten im Unterricht unbedingt Würfel- und Quadermodelle zur räumlichen Visualisierung eingesetzt werden.

TEMPEL AUS BAUKLÖTZEN:

Konstruiere einen aus Bauklötzen zusammengestellten Tempeleingang (vgl. Figur).



Für diese Übungsaufgabe finden wir mit den vorhandenen Basisobjekten nicht das Auslangen, wir müssen daher Quader bearbeiten, um die kongruenten keilförmigen Auffahrtsrampen und das Dach zu erhalten.

Das **DURCHSÄGEN** von Objekten erarbeiten wir anhand eines 30x60x40mm großen Quaders, den wir in zwei kongruente Teile zerlegen.

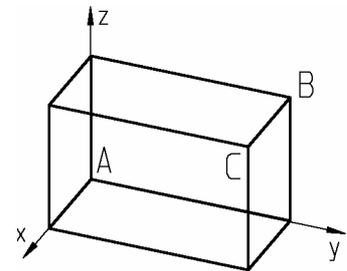
Da die Schnittebene noch nicht als eine Seitenfacette eines bereits konstruierten Objektes vorhanden ist, müssen wir sie durch **Angabe von drei Punkten** (z.B. die Punkte A, B und C) festlegen. Dies

geschieht entweder über zwei Risse oder durch „Einfangen“ von Raumpunkten im axonometrischen Reiß. Nach der Festlegung des dritten (nicht mit den beiden anderen Punkten kollinear liegenden) Punktes wird vom Paket das Schnittpolygon berechnet und die beiden entstehenden Teilkörper werden angezeigt.

Bemerkung: Befinden sich mehrere Objekte am Konstruktionsblatt, so muß nach der Angabe der Schnittebene noch das zu bearbeitende Teil ausgewählt werden; bei nur einem Objekt wird dieses mit der Ebene geschnitten. Die entstandenen Teilkörper können nun so wie jeder Grundkörper behandelt werden; es besteht sogar die Möglichkeit, selbst erstellte Körper zu speichern (**EIN-AUSGABE - EIN KÖRPER - SPEICHERN**) und diese dann in anderen Zeichnungen wieder zu verwenden.

Bemerkung: Die beiden Sicherungsmöglichkeiten ALLES bzw. EIN KÖRPER unterscheiden sich einerseits durch die Art der Abspeicherung (ALLES speichert den Konstruktionsgang, EIN KÖRPER nur die Eckpunkte, Begrenzungs-polygone usw.) und den damit verbundenen Bearbeitungsmöglichkeiten und andererseits durch den Speicherplatzbedarf (ALLES - Dateien mit der Endung LLZ benötigen bedeutend mehr Speicherplatz als EIN KÖRPER - Dateien mit der Endung LLX).

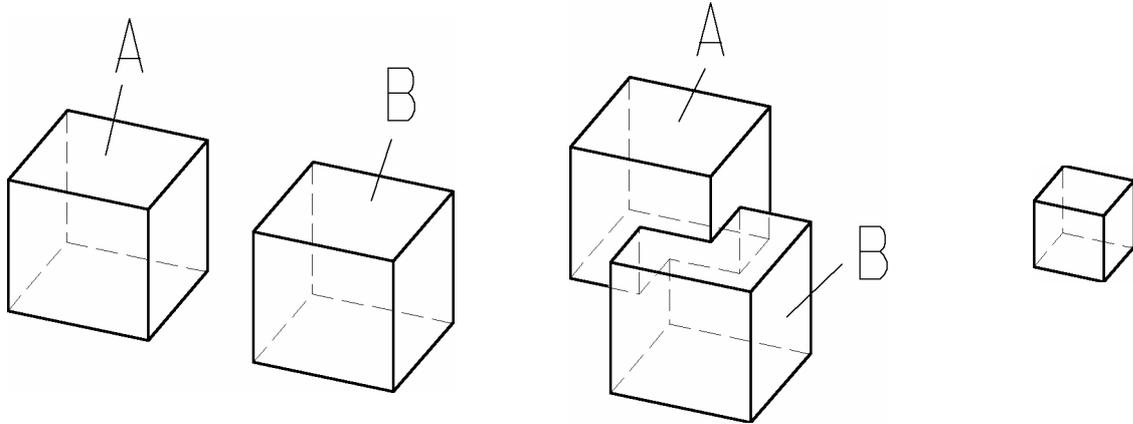
Bei der Konstruktion des Tempeleingangs ist, so wie bei allen CAD3D-Zeichnungen, zu beachten, daß jeder Grundkörper nur in seiner Ausgangslage (Grundstellung, in natürlicher Weise mit dem Koordinatensystem verknüpft) erzeugt werden kann, und von dieser Lage aus durch **VERLAGERN** in die richtige Position gebracht werden muß. Dies erscheint anfangs etwas gewöhnungsbedürftig, das Entwerfen eines Objekts in seiner Endlage würde aber die Definition eines lokalen Benutzerkoordinatensystems voraussetzen.



Nun sind wir bereits in der Lage, aus Quader-, Kegel-, Kugel- und Zylinderteilen zusammengesetzte, einfache Objekte zu generieren. Als Übungsbeispiele dazu dienen uns geometrisch vereinfachte Modelle des täglichen Lebens (vgl. Möbel-, Lampen- und Tischkataloge).

BOOLE'SCHE OPERATIONEN:

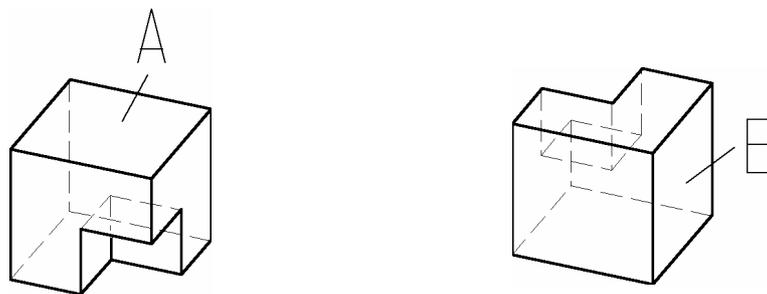
Aus dem Unterstufenunterricht sind die mengentheoretischen Begriffe wie **VEREINIGUNG**, **DURCHSCHNITT** und **DIFFERENZ** für zweidimensionale Mengen geläufig; diese wurden meist mit Venndiagrammen visualisiert. Eine Dimension höher, im dreidimensionalen Anschauungsraum wollen wir zur Veranschaulichung dieser Operationen je zwei Würfelmengen verwenden.



Die beiden Ausgangskörper

Die Vereinigungsmenge

Die Durchschnittsmenge



Ausgangskörper A

Die Differenzmengen

Ausgangskörper B

Als Übungsbeispiele für das Kennenlernen der Boole'schen Operationen verwenden wir räumliche Denksportaufgaben (der chinesische Teufelsknoten) und TSCHUPIK-Würfel, die wir hinsichtlich der Bearbeitungsmöglichkeiten des CAD3D-Paketes analysieren und anschließend generieren. Eine Vielzahl weiterer Anwendungsmöglichkeiten des CAD3D-Paketes für den Geometrieunterricht finden sich im GZ-HANDBUCH.

DER CHINESISCHE TEUFELSKNOTEN:

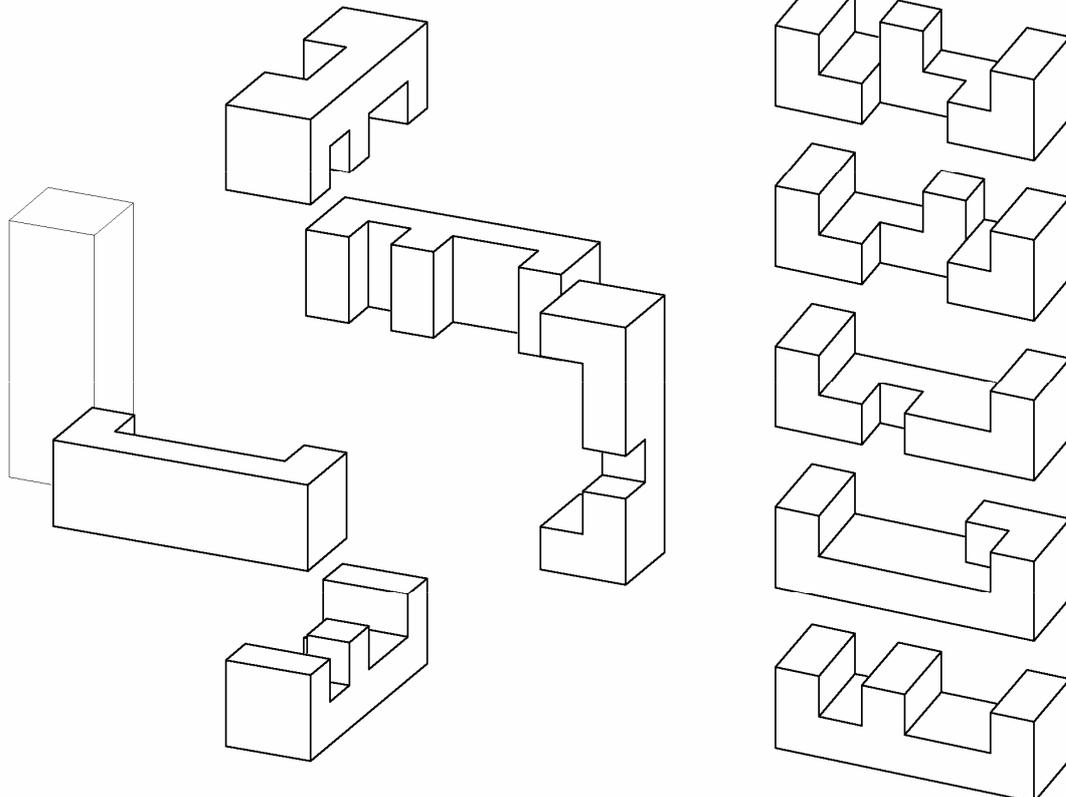
Das im nebenstehenden Bild gezeigte räumliche Puzzle wurde angeblich von chinesischen Zimmerleuten erdacht, um ihren Lehrlingen exakte Holzverbindungen zu demonstrieren. Je zwei Kanthölzer liegen orthogonal zu den übrigen vier und verklammern sich im Inneren so, daß kein Hohlraum entsteht. Zum Zerlegen des Knotens muß mit dem (einzigen) nicht gekerbten Kantholz, dem Schlüsselstück, begonnen werden. Gäbe es kein solches Kantholz, so könnte offensichtlich keines der Teile bewegt werden - das Puzzle wäre nicht in seine Einzelteile zerlegbar.

Eine interessante Fragestellung ergibt sich, wenn man überlegt, wie die übrigen fünf Kanthölzer eingekerbt werden können, so daß ein in sechs Kanthölzer zerlegbares Puzzle

entsteht. Die 16 im Inneren des Knotens vorkommenden 16 Würfeln können theoretisch alle unabhängig voneinander entfernt werden, allerdings ergaben Computerberechnungen, daß nur lediglich 369 ausgekerbte Teile für das Puzzle verwendbar sind. Trotzdem bleibt weiterhin die Frage, wie viele verschiedene Holzknöten überhaupt zusammengesetzt werden können.

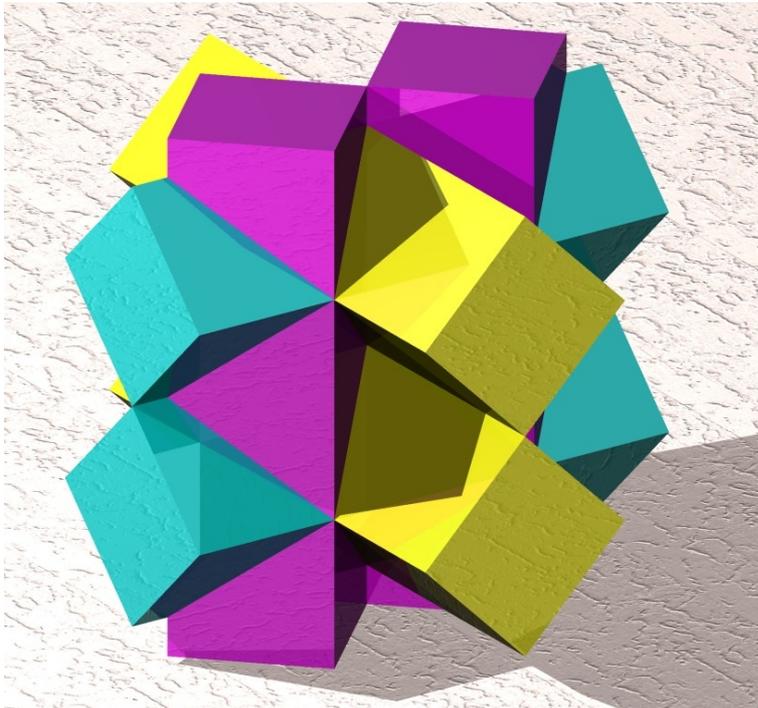
Erstelle die fünf angegebenen Teile eines chinesischen Teufelsknoten und fertige eine Explosionszeichnung von der Lösung des räumlichen Puzzles (vgl. untenstehende Figur) an.

Knoten1 (Teile 6, 7, 8, 15, 25)

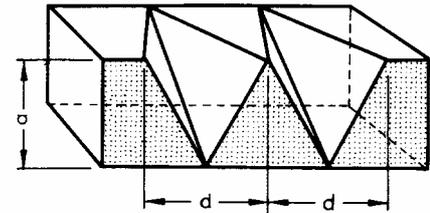


KNOTEN1

BÜNDEL:



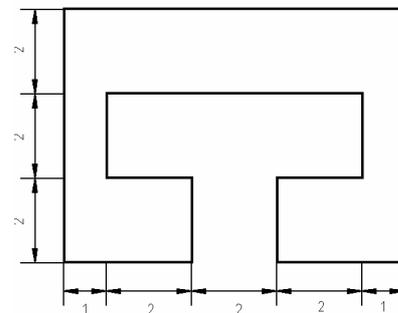
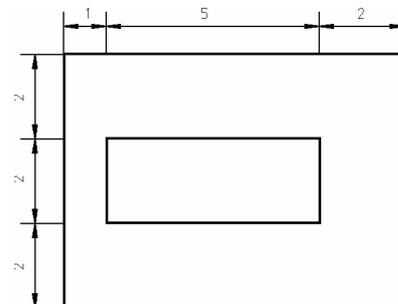
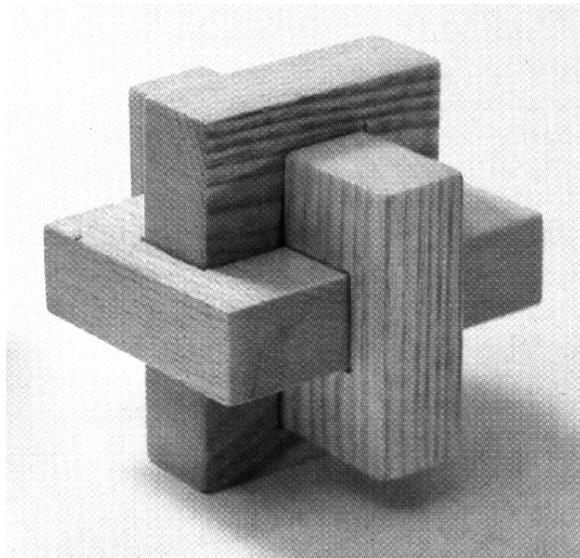
Alle sechs Teile dieses räumlichen Puzzles sind völlig gleich; deshalb gibt es kein verschiebbares Schlüsselteil - das Puzzle wird einfach auseinandergezogen. Jedes der sechs Teile hat (wie der geschulte Geometer sofort sieht) folgende Gestalt:



Erstelle ein Puzzleteil.

EIN DREITEILIGER HOLZKNOTEN:

Dieser Holzknoten setzt sich aus zwei kongruenten C-förmigen und einem O-förmigen Teilstück zusammen, deren Abmessungen aus der Werkskizze zu entnehmen sind:



Fertige je einen C- bzw. O-Teil an.

Bemerkung: Alle räumlichen Puzzles lassen sich relativ einfach im Werkunterricht herstellen; eine fächerübergreifende Projektarbeit bietet sich hier also an.

EUKLID

Einführung und Beschreibung der Arbeitsoberfläche

Programme, wie CABRI GEOMETRIE, THALES, EUKLID, GEOMETERS SKETCHPAD und ähnliche können im Unterricht analog zum CAD2D-Paket oder zur Unterstützung des elementaren Geometrieunterrichts in den Mathematikstunden, sowie zur Visualisierung kinematischer Vorgänge eingesetzt werden. Wir werden fast ausschließlich deren Verwendung als Animations- und Visualisierungssoftware behandeln.



Das als Shareware vertriebene Softwarepaket EUKLID ist, so wie alle anderen angeführten Programme, ein WINDOWS-Programm und setzt daher die eine gewisse Kenntnis der wichtigsten WINDOWS-Eigenschaften (Behandlung von Fenstern, Pull-Down-Menüs, Icons und Buttons) voraus. EUKLID ist ein Zeichenprogramm, das dynamische Zeichnungen erstellt. Mit Hilfe der angebotenen Menübefehle

oder durch Anklicken der entsprechenden Symbole der Werkzeugleiste können geometrische Objekte erstellt werden. Sind mehrere voneinander abhängige Objekte erzeugt worden (vgl. Variantenkonstruktion beim CAD2D-Paket), dann kann die Zeichnung verändert werden, indem man ein Basisobjekt (Angabeelement) mit der Maus bewegt. Dabei wird die Lage aller von diesem Basisobjekt abhängigen Objekte automatisch aktualisiert.

Als besonders wertvoll für den Unterricht erweist sich die Möglichkeit, den umfangreichen Befehlsvorrat einzuschränken, indem man eine vom Standard abweichende Menükonfiguration wählt. So kann man als Lehrer(in) seine Schüler zwingen, die Konstruktion einer Streckensymmetralen mit Zirkel und Lineal durchzuführen, ohne den entsprechenden Mittelsenkrechten-Befehl zu verwenden.

DAS EUKLID-FENSTER:



Am oberen Rand des Fensters erscheint in der **Titelzeile** der Programmname, gefolgt vom Namen der EUKLID-Datei (*.GEO), deren Daten gerade auf dem Bildschirm dargestellt sind. Falls das Zeichenblatt noch leer ist oder die aktuelle Zeichnung noch nie abgespeichert wurde, erscheint als Dateiname KEINNAME.GEO.

Unter der Titelzeile erscheint das **Hauptmenü**; hinter jedem seiner Einträge befindet sich ein Pull-down-Menü.

Unter dem Hauptmenü erscheint die **Werkzeugleiste**, die einen komfortablen und schnelleren Zugriff auf häufig gebrauchte Befehle bietet; alle über diese Werkzeugleiste gewählten Operationen können natürlich auch über die Menüleiste angewählt werden. In obigen Beispiel ist die Werkzeugleiste „Hauptleiste“ aktiviert; weitere Werkzeuge sind in den Kästen „Konstruieren“, „Form & Farbe“ und „Messen & Rechnen“ zusammengefaßt.

An unteren Rand des Fensters wird in einer **Statuszeile** stets eine Meldung angezeigt, die über den aktuellen Zustand des Programms informiert. Wird ein Koordinatensystem angezeigt, dann erscheint rechts in der Statuszeile die aktuelle Cursorposition; wir werden aber fast ausschließlich koordinatenfrei (also ohne Koordinatensystem) arbeiten. Der Bereich zwischen der Werkzeugleiste und der Statuszeile stellt das eigentliche **Zeichenblatt** dar.

MAUSTASTEN:

Die **linke Maustaste** dient zur Anwahl von Menüpunkten und Werkzeugen aus der Werkzeugleiste sowie zum Skalieren und Verschieben des Euklidfensters. Ein **Doppelklick** der linken Maustaste auf ein schon vorhandenes Objekt öffnet ein Fenster, in dem man diesem Objekt einen neuen Namen geben kann. Ein Doppelklick auf einen Kommentartext ruft ein Editorfenster zum Bearbeiten des Textes auf.

Die **rechte Maustaste** dient zum Abbruch einer Aktion; sie entspricht damit der 'ESC'-Taste. Ein **Doppelklick** der rechten Maustaste auf ein Objekt versteckt dieses Objekt, ohne es zu löschen. Bemerkung: Konstruktionen, speziell Hilfslinien können unsichtbar gemacht werden, so daß nur die für das Verständnis wesentlichen Linien und Objekte am Zeichenblatt vorhanden sind.

Wie bei fast allen WINDOWS-Programmen üblich, verändert der Mauszeiger dem aktuellen Programmzustand entsprechend seine Form:



Pfeil: Menübefehle können angewählt und Auswahlen in Dialogboxen getroffen werden.



Fadenkreuz: erscheint, wenn das Programm die Eingabe eines geometrischen Objekts erwartet.



Fadenkreuz mit Kreis: erscheint, wenn der Cursor auf einem geometrischen Objekt steht, dessen Typ zur erwarteten Eingabe paßt.



Zange: Form des Mauszeigers im Zugmodus.



Hand: dient zur Veränderung der Positionen von Objektnamen und Maßangaben und zur Verschiebung der ganzen Zeichnung.

Erste Versuche mit EUKLID

LADEN EINER VORGEFERTIGTEN ZEICHNUNG:



Neue Zeichnung

Wir laden die Zeichnung DREIECK.GEO entweder über das Pulldown-Menü **Datei - Laden** oder über nebenstehendes Symbol in der Werkzeugleiste. Man beachte, daß bei längerem Verweilen auf einem Symbol dessen Funktion angezeigt wird. Bewegen wir den Mauszeiger in die Nähe eines Eckpunktes des Angabedreiecks, so ändert dieser seine Form in eine Beißzange. Wir können nun bei gehaltener linker Maustaste das Ausgangsdreieck variieren. Wie beim CAD2D-Programm ändert sich die gesamte Konstruktion, hier allerdings nahezu simultan zur Mausbewegung.

Wir beschriften nun die Eckpunkte A, B und C (Doppelklick mit der linken Maustaste) und beachten, daß diese Punkte nun auch programmintern A, B und C heißen. Wird nun das Ausgangsdreieck wieder variiert, so verändert auch die Beschriftung der Eckpunkte ihre Lage. Zum besseren Positionieren der Beschriftung setzen wir den Cursor in die Nähe eines Textes; der Mauszeiger verändert seine Form zu

einer Hand; nun kann die neue Position des Textes in Bezug auf den Angabepunkt festgelegt werden. Beobachte nun beim Variieren der Angabe, daß auch der in seiner Lage geänderte Text mitbewegt wird.

Wir verbergen nun Hilfslinien wie Strecken- und Winkelsymmetralen durch doppeltes Anklicken mit der rechten Maustaste, um nur mehr die wesentlichen Objekte am Zeichenblatt zu sehen.

Anhand dieser Zeichnung wollen wir nun untersuchen, welche Kurve der Umkreismittelpunkt durchläuft, wenn wir einen Eckpunkt beliebig bewegen: dazu wählen wir das Werkzeug „Ortslinie aufzeichnen“ in der Hauptleiste (oder das Untermenü **Verschiedenes - Ortslinie aufzeichnen**), markieren den Umkreismittelpunkt (beachte die neue Form des Mauszeigers) und erzeugen die Ortslinie des Umkreismittelpunktes durch Bewegen eines Eckpunktes.

Anhand weiterer vorgefertigter Animationen wollen wir die Einsatzmöglichkeiten von auf dynamischer Geometrie beruhender Software kennenlernen:

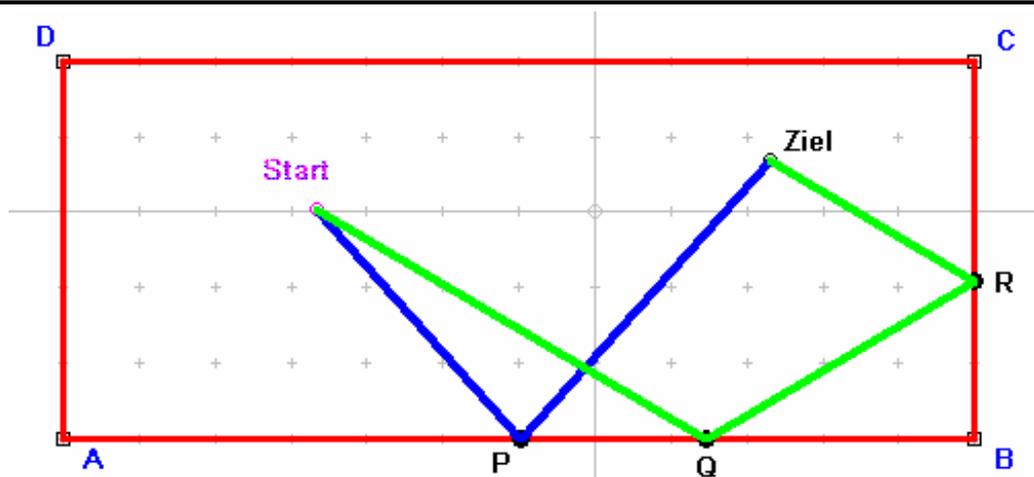
FORDER.GEO: Zusätzlich zum CAD2D-Paket können hier noch gemessene Winkel und Streckenlängen angezeigt werden; ein Erkennen von geometrischen Eigenschaften ist damit leichter möglich.

ELLIPSE.GEO: kinematische Erzeugung einer Ellipse mittels Papierstreifenkonstruktion.

PARABEL.GEO: kinematische Erzeugung einer Parabel und Parabeleigenschaften.

ERSTELLEN EINER EINFACHEN ANIMATION:

Aufgabe: Die Bahn des Mittelpunktes einer Billardkugel soll auf einem viereckigen Billardtisch simuliert werden (BILLARD.GEO). Start und Zielpunkt sind variabel zu halten, weiters sind das Spiel über eine und über zwei Bänder zu ermitteln.



Wir wählen aus dem Pull-down-Menü **Zeichnen** den Menüpunkt **N-Eck** und klicken mit der Maus die Eckpunkte eines beliebigen Vierecks an. Um das Viereck schließen zu können, klickt man entweder nochmals den als ersten eingegebenen Eckpunkt an (Mauscursor wechselt seine Form in ein Fadenkreuz mit Kreis) oder man führt auf dem letzten Eckpunkt statt einem einfachen Klick einen Doppelklick aus.

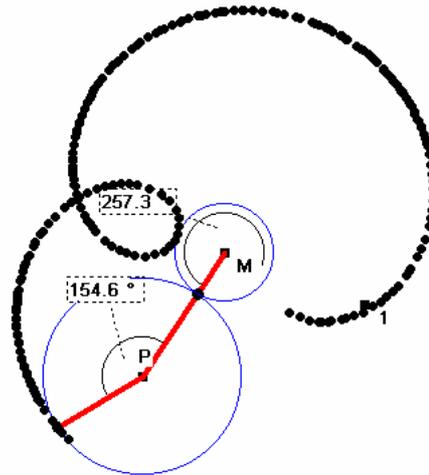
Bemerkung: Die Konstruktion von N-Ecken kann nicht über Werkzeugkästen und Icons durchgeführt werden. Weiters zeichnen wir den Start- und Zielpunkt ein unter Verwendung des Icons „Basispunkt“ im Werkzeugkasten „Konstruieren“.

Bemerkung: Durch Betätigen der 'F3'-Taste oder der 'W'-Taste kann die letzte Aktion, sofern dies möglich ist, wiederholt werden.

Nun beschriften wir die Eckpunkte des Vierecks und Start- und Zielpunkt der Billardbahn (Doppelklick mit der linken Maustaste) und ändern die Farben und Linienarten mittels des Werkzeugkastens „Form & Farbe“. Mittels „Spiegelpunkt“ ermitteln wir den an der Bande AB gespiegelten Zielpunkt. Dieser wird mit dem Startpunkt verbunden („Strecke zwischen 2 Punkten“) und der Schnittpunkt P mit der Bande AB wird markiert („Schnitt zweier Linien“). Nun kann die Bahnkurve Start - P - Ziel eingezeichnet („Strecke zwischen 2 Punkten“, eventuell 'W'-Taste verwenden) werden. Überflüssige Linien werden verdeckt, verschiedene Farben und Linienarten sollen verwendet werden.

Aufgabe: Rotiert ein Punkt Q um einen Punkt P, der wiederum um einen festen Punkt M rotiert, so beschreibt Q eine Radlinie (RAD1.GEO).

Wir beginnen mit einem variablen Kreis [Mittelpunkt M, Kreispunkt 1] und wählen auf diesem einen Punkt P. Nun messen wir den Winkel $\alpha = \sphericalangle IMP$ ab und konstruieren eine Gerade g, welche mit der Strecke PM einen Winkel von $\beta = k\alpha$ einschließt („Gerade in bestimmten Winkel“; im Dialogfeld den gewünschten Wert eingeben). Der gesuchte Punkt kann nun als Schnittpunkt dieser Hilfsgeraden mit einem in P zentrierten Kreis gefunden werden.

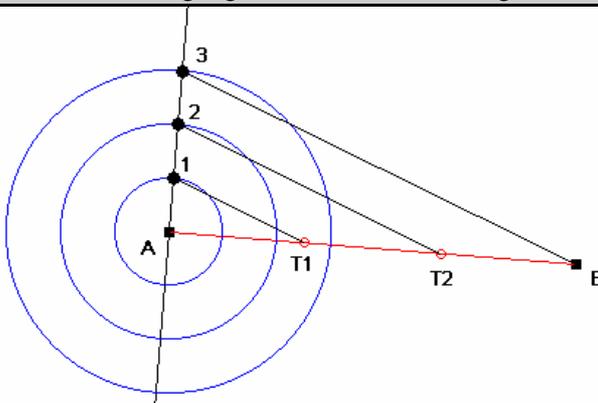


VERWENDEN VON MAKROS:

Für verschiedene Konstruktionen ist es zweckmäßig, mehrere, häufig vorkommende Konstruktions-schritte zu einem Makro zusammenzufassen. Der allgemeine Ablauf zur Erstellung eines Makros wird vorerst allgemein vorgestellt:

- (1) Nach dem Anwählen des Menübefehls „Makros - Neues Makro erstellen“ erscheint in der linken oberen Ecke des Zeichenblattes ein Fenster, in welches die Startobjekte des Makros eingegeben werden. Sollte beim Markieren der Startobjekte ein Mausklick nicht eindeutig einem Objekt zuzuordnen sein, wird eine Auswahlbox gezeigt, in der die Namen aller in Frage kommenden Objekte aufgelistet sind; das gewünschte Objekt ist aus dieser Liste zu wählen.
- (2) Nach der Eingabe der Startobjekte verändert sich der Kopftext des kleinen Fensters und die Zielobjekte des Makros werden eingegeben. Sollte ein Zielobjekt markiert werden, welches sich nicht aus den markierten Anfangsobjekten ableiten läßt, so wird die Makroerstellung nach einer Fehlermeldung abgebrochen.
- (3) Abschließend wird ein Name für das Makro sowie (optional) ein erklärenden Hilfetext eingegeben. Der hier eingetragene Name wird nach der erfolgreichen Erstellung des Makros als neuer Eintrag am Ende des Makro-Menüs angefügt. Der eingegebene Hilfetext wird später immer dann angezeigt werden, wenn Hilfe zu einem Makroeintrag im Makromenü angefordert wird.

Aufgabe: Teilt man die Seiten eines Dreiecks in je drei gleiche Teile und verbindet die Teilungspunkte mit den gegenüberliegenden Ecken, so entsteht ein Sechseck, dessen Flächeninhalt mit dem Flächeninhalt des Ausgangsdreiecks in Beziehung steht. Wie lautet dieser Zusammenhang?



TEIL3, und fertigen eine sinnvolle Beschreibung an.

Wir erstellen vorerst das Makro TEIL3, indem wir eine beliebige Strecke zeichnen, und in einem Endpunkt eine orthogonale Hilfsgerade und drei konzentrische Kreise ($r=1$, $r=2$, $r=3$) konstruieren. Nun werden die Schnittpunkte der Kreise mit der Hilfsgeraden markiert und der Strahlensatz angewandt. Als Startobjekte für unser Makro wählen wir die Strecke AB und deren Endpunkte; als Zielobjekte definieren wir die Teilungspunkte T1 und T2. Wir speichern das Makro unter

Nun wenden wir das Makro auf ein beliebiges Dreieck an, konstruieren oben beschriebenes Sechseck und berechnen jeweils die Flächeninhalte (Messen, Termeingabe).

Übungsaufgaben zu EUKLID

Ebene Geometrie:

- 1) Die Gärtnerkonstruktion der Ellipse samt Tangentenkonstruktion (Tangente als Winkelsymmetrale der Brennstrahlen) ist zu illustrieren.
- 2) Unter Ausnutzung der Stechzirkelkonstruktion kann eine Hyperbel erzeugt werden. Weiters ist die Eigenschaft einer Hyperbel, daß die Abschnitte zwischen Hyperbelpunkten und Asymptoten auf jeder Geraden jeweils gleich lang sind, zu zeigen.
- 3) Die EULER-sche Gerade eines Dreiecks und der FEUERBACH-sche Neunpunktekreis sind zu konstruieren.

Darstellende Geometrie:

- 4) Das Bild eines Dreiecks (Vierecks) unter einer perspektiven Kollineation ist zu zeichnen.
- 5) Die Konstruktion von PROKLUS (DE LA HIRE) ist zu illustrieren.
- 6) Der Zentralriß eines Quaders soll variantengerecht erstellt werden.
- 7) Ein Kreis k und sein perspektiv kollineares Bild sind zu erzeugen.

Kinematik:

- 8) Ein Punkt P eines Kreis k , der auf einer Geraden abrollt, ist zu konstruieren (Zykloide).

Projektive Geometrie:

- 9) Illustriere den Satz von Pascal und erzeuge damit einen beliebigen Kegelschnitt durch Punkte.

Allgemeine Beispiele

- 10) Man erstelle ein Makro, welches in ein gegebenes Quadrat ein eingeschriebenes, verdrehtes Quadrat zeichnet, und gestalte damit ein Muster.
- 11) Ein Makro FLOCKE1 soll eine Strecke AB in vier gleiche Teile zerlegen, die mittleren beiden Strecken entfernen und stattdessen ein Dreieck erstellen. Mit diesem Makro kann eine Schneeflockenkurve generiert werden.