

# Grundkurs Architektur & Darstellung

## Übungsskriptum

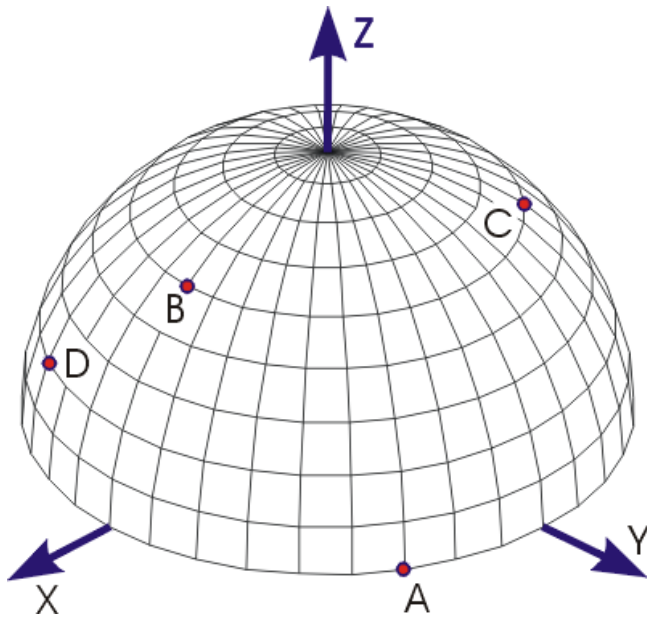


# 1. Übung

*Lehrziele: Das sollten Sie am Ende der Übungen beherrschen:*

- Eintragen und Ablesen von Kugelkoordinaten
- Ablesen von Teilverhältnissen
- Kennenlernen und Einrichten der Arbeitsoberfläche von formZ
- Flächen- und Volumsmodelle
- parametrische Grundkörper (Quader, Zylinder, Kegel, Kugel und Torus) erzeugen und richtig platzieren

## A) Eintragen und Ablesen von Kugelkoordinaten



### Aufgabe:

In der linken Abbildung sind die Punkte A, B, C und D auf der Oberfläche der Einheitskugel angegeben; gib die **Kugelkoordinaten** dieser Punkte an.

Zeichne weiters die Punkte

$E(1;90;30)$ ,  $F(1;40;70)$

$G(1;110;20)$  und  $H(1;-10;0)$

ein.

A( , , )      B( , , )

C( , , )      D( , , )

## B) Ablesen von Teilverhältnissen

### Aufgabe:

Gib folgende Teilverhältnisse an:

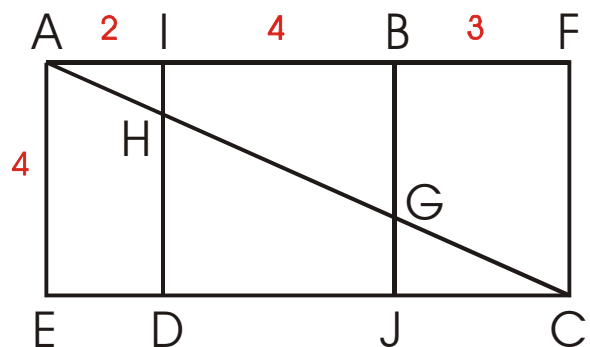
$TV(A,I,B) = \dots\dots$

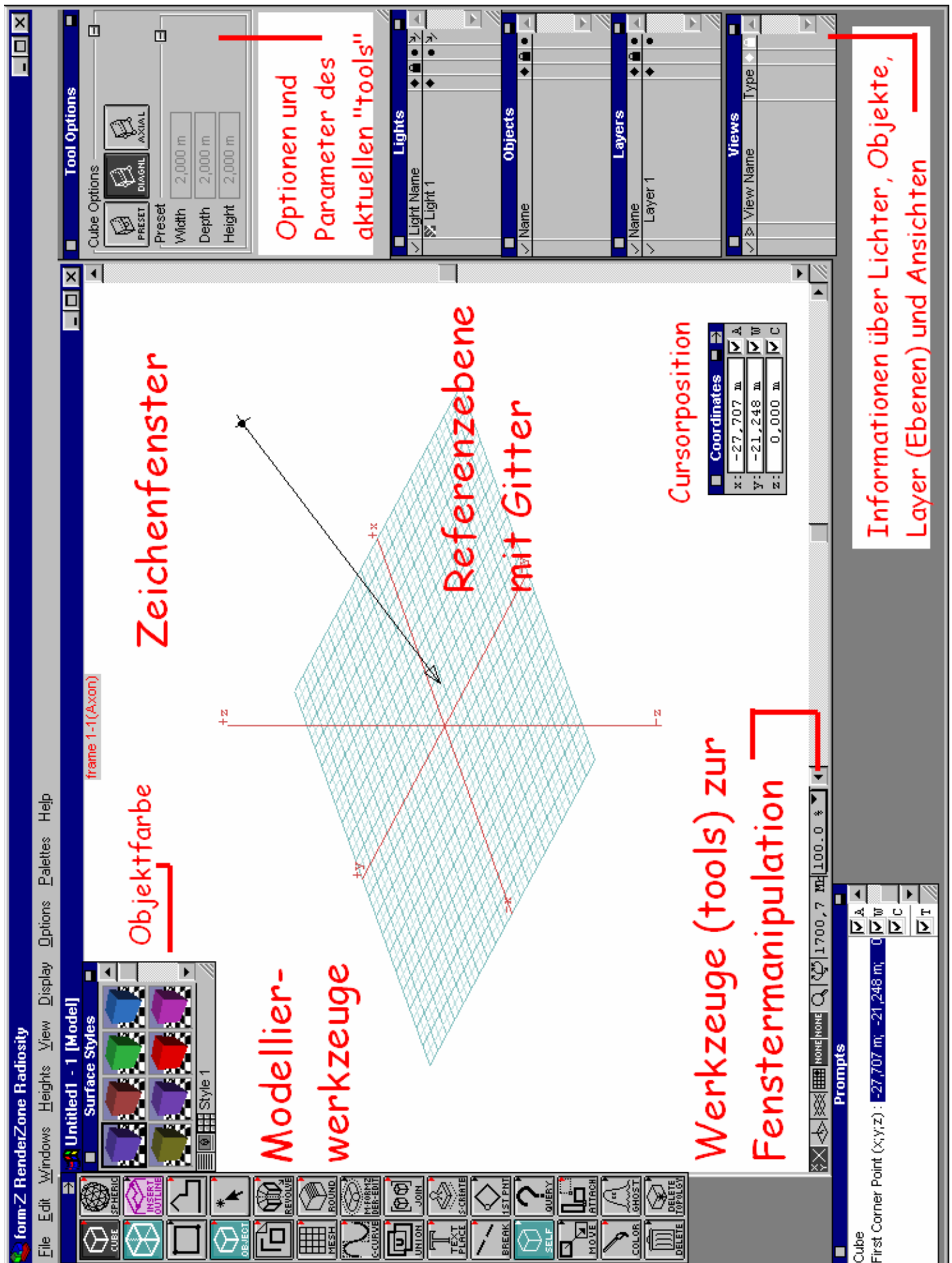
$TV(H,G,C) = \dots\dots$

$TV(J,B,G) = \dots\dots$

$TV(J,D,E) = \dots\dots$

$TV(I,D,H) = \dots\dots$





## C) Kennenlernen und Einrichten der Arbeitsoberfläche von formZ

Nach dem Start von formZ stellt sich der Bildschirm in etwa folgender Form dar:

**Menüleiste (menu bar commands)** am oberen Bildschirmrand mit den meisten in formZ zur Verfügung stehenden Befehlen

**Modellier- und Zeichenwerkzeuge (tool bar)** am linken Bildschirmrand mit den formZ-Befehlen in Symbolform. Hinter Symbolen mit roten Dreiecken verstecken sich Gruppen von zusammen passenden Befehlen.

*Schreibweise: Zur Vereinfachung schreiben wir im Folgenden z.b. für die Werkzeuge in der 5-ten Reihe links „5a“ bzw. für die Werkzeuge in der 12 Reihe rechts „12b“.*

**Werkzeuge zur Fenstermanipulation (window tool bar)** am linken, unteren Rand des **Zeichenfensters** mit Befehlen (in Symbolform)

zum Vergrößern, Verkleinern des Zeichenausschnitts

zum Verändern der Ansicht

zum Einstellen der Fangoptionen

zum Ändern der Referenzebene

Bei der Verwendung mehrerer Zeichenfenster steht für jedes eine eigene **window tool bar** zur Verfügung.

Im **Zeichenfenster (graphics window)** erkennt man ein kartesisches Koordinatensystem samt einem **Gitternetz (grid)**, welches die aktive **Referenzebene (reference plane)** anzeigt.

Die **Dialogfenster** mit Informationen über

die bereits konstruierten Objekte

die verwendeten Lichtquellen, Layern (Ebenen) und Ansichten

die eingestellte Objektfarbe

die aktuelle Cursorposition und über

die Optionen und Parameter des momentan gewählten Befehls

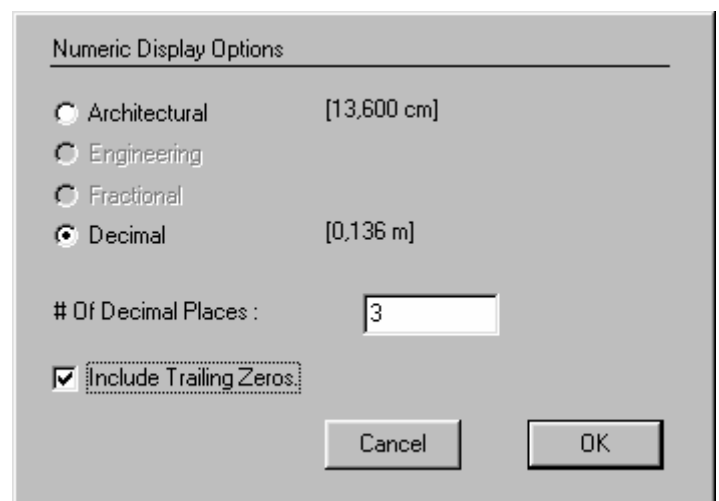
lassen sich so wie die meisten Fenster an beliebiger Stelle verankern.

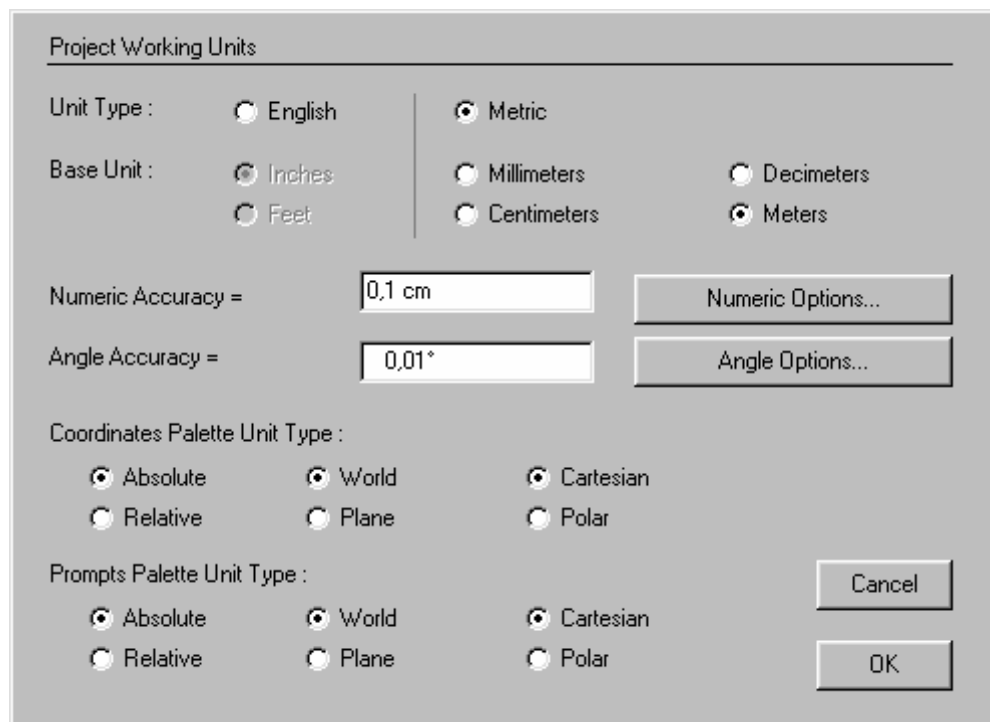
### C.1. Arbeitseinheiten, Rasteroptionen:

Wir legen über den Menüpunkt **Options – Working Units** geeignete Arbeitseinheiten (für unsere Zwecke sind metrische Einheiten mit dem Grundmaß Meter bestens geeignet) fest.

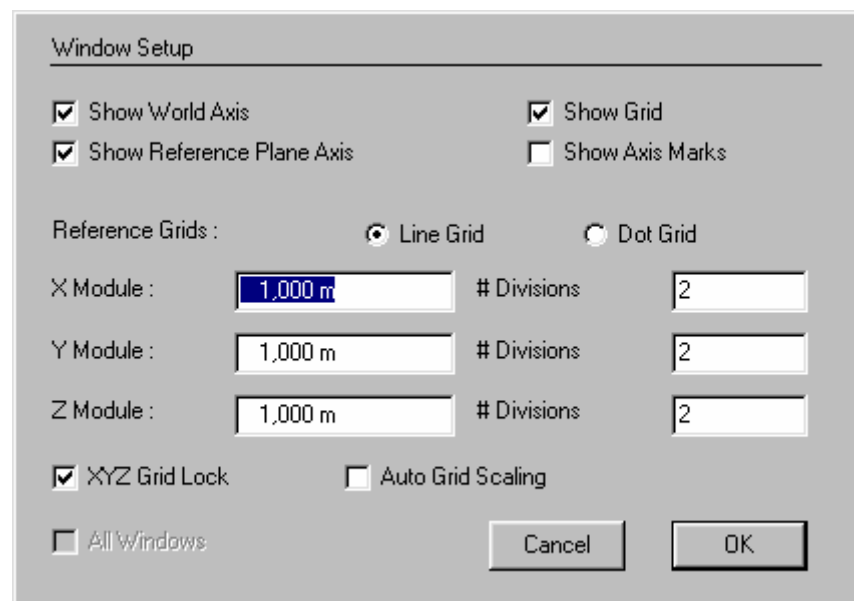
Die weiteren Einstellungen können dem Bild auf der nächsten Seite entnommen werden.

Die Anzahl der angezeigten Nachkommastellen legen wir mit 3 fest: dazu öffnen wir das Dialogfenster **Numeric Display Options** (Button **Numeric Options** drücken) und geben im Feld **# Of Decimal Places** die Zahl 3 ein.





Weiters wird die Größe des Rasters der **Referenzebene** über den Menüpunkt **Windows – Window Setup** eingestellt. Dabei sollte das Kästchen **XYZ Grid Lock** jedenfalls aktiviert sein, damit das Hauptraster in allen drei Koordinatenrichtungen gleich skaliert ist. Der Wert von **# Divisions** gibt die Anzahl der Unterteilungen des Hauptrasters an. Die in der Abbildung unten vorgeschlagenen Einstellungen eignen sich hervorragend zum Modellieren von Objekten mit ganz- und „halbzahligen“ Koordinaten-eckpunkten.

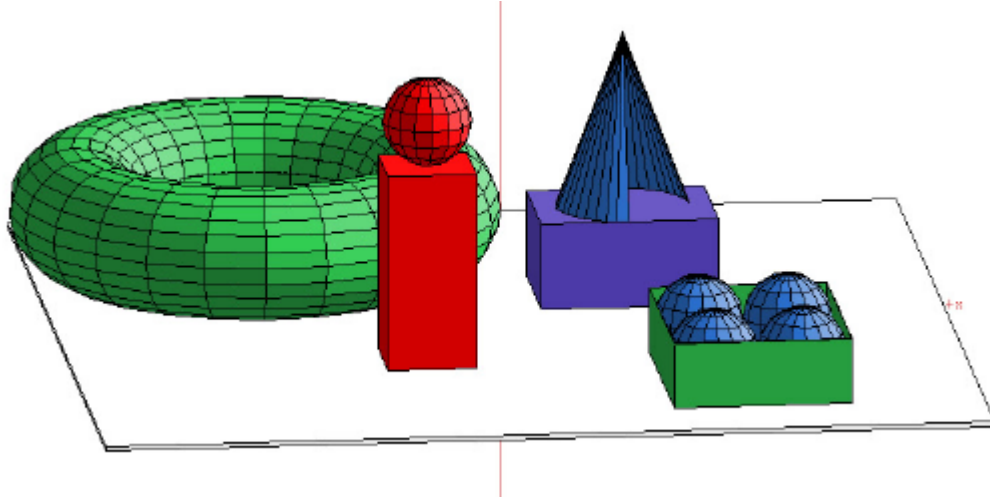


Das vorerst nicht benötigte Dialogfenster **Animation** wird geschlossen (Linksklick auf das Kästchen in der linken oberen Ecke), die restlichen Dialogfenster

werden den eigenen Bedürfnissen entsprechend am Bildschirm angeordnet und diese Voreinstellungen werden unter einem aussagekräftigen Namen gespeichert (**Edit – Preferences** oder **<STRG> <,>**).

### C.2. Zoomen, Ansicht verschieben und Ansicht drehen:

Zum Kennenlernen der Manipulationswerkzeuge für die Ansicht laden wir die Datei UE1.FMZ (**F**ile – **O**pen oder **<STRG> <O>**)



und führen folgende Aktionen durch:



**Drehen** der Ansicht mit Hilfe der Maus



**Verschieben (Pan)** der Ansicht



**Einpassen** der Ansicht:

Alle Inhalte der virtuellen Szene werden am Bildschirm angezeigt.



**Vergrößern und Verkleinern (Zoom)** der Ansicht:

Der Vergrößerungs- bzw. Verkleinerungsfaktor ist dabei fix vorgegeben (zu ändern in **Options – Zoom Options**); das Ähnlichkeitszentrum ist die Fenstermitte.



**Vergrößern und Verkleinern (Zoom)** der Ansicht mit Wahl des Fensterausschnittes:

Der erste einzugebende Punkt legt das Ähnlichkeitszentrum fest, der zweite den Vergrößerungsfaktor.

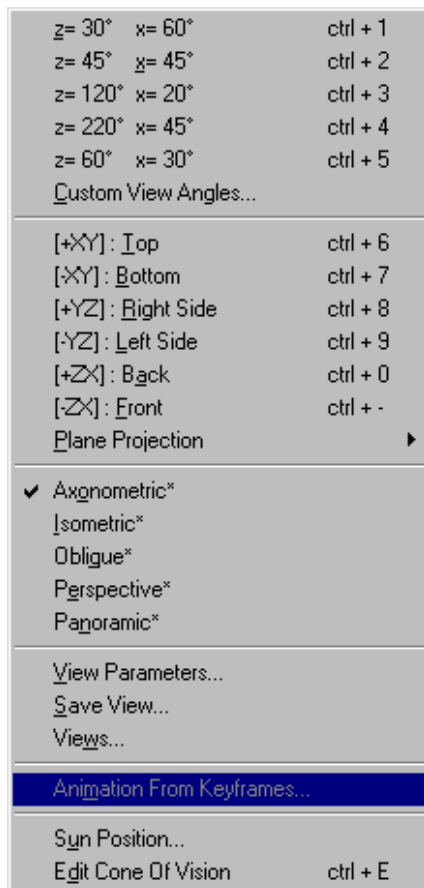
**Vergrößern und Verkleinern (Zoom)** der Ansicht:

Der Vergrößerungs- bzw. Verkleinerungsfaktor ist dabei fix vorgegeben; der erste einzugebende Punkt legt das Ähnlichkeitszentrum fest.



Standardmäßig ist ein Vergrößern (**Zoom in**) vorgegeben; durch Verwenden der Tastenkombination **<STRG> <SHIFT>** wird der Ausschnitt verkleinert.

Alle zur Veränderung der Ansicht verwendeten Befehle können mit der Taste **<ESC>** abgebrochen werden.



Die in der Vorlesung behandelten Abbildungsverfahren wie **Normale Axonometrie (Axonometric)**, **Schiefe Axonometrie (Oblique)** und **Zentralprojektion (Perspective)** können über den Menüpunkt **View** ausgewählt werden.

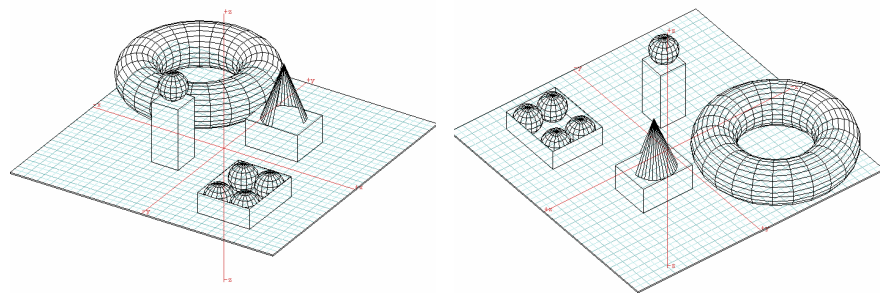
Ebenso können die Hauptrisse – Grund-, Auf- und Kreuzriss – über diesen Menüpunkt erzeugt werden.

Häufig verwendete normalaxonometrische Angaben (wie z.B. die isometrische Annahme) sind bereits voreingestellt und können somit einfach erstellt werden.

**Aufgabe:** Stellen Sie die vorgefertigte Szene

- in Isometrie
- im Grundriss und
- mit etwa folgenden Ansichten dar

und speichern Sie die einzelnen Bilder (**File – Save as**) in einem geeigneten Grafikformat ab.



Unter den verschiedenen Möglichkeiten der Darstellung (Menü **Display**) ist die **Drahtgitterdarstellung (Wire Frame)** für das Konstruieren und Modellieren und die **Darstellung mit verdeckten Kanten (Hidden Line)** für das rasche Herstellen anschaulicher Bilder bestens geeignet.

D) Parametrische Grundkörper (Quader, Zylinder, Kegel, Kugel und Torus) erzeugen und richtig platzieren

1. Neues Zeichenfenster öffnen – Menü **File – New (Model)** oder **<STRG> <N>**
2. Rasterfangfunktion (**Grid snap**) aktivieren – dazu viertes Symbol in der windows tool bar drücken.
3. Die Modellierwerkzeuge **Primitives** im Zeichenfenster platzieren - dazu auf das Symbol **Cube** klicken und mit gedrückter linker Maustaste das Fenster in das Zeichenfenster ziehen.



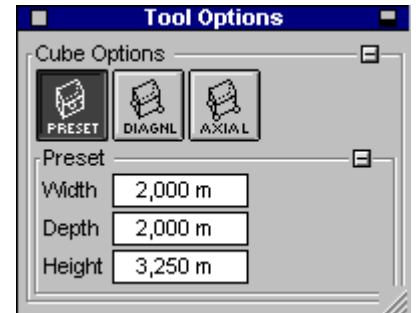
## Aufgabe:

Erstelle als Volumsmodelle

- „mit der Presetmethode“ einen roten Quader mit den Maßen (2 x 2 x 3,25) und dem Basisflächenmittelpunkt (3|2|0)
- „durch Aufziehen einer Diagonalen“ einen grünen Quader mit Eckpunkten A(-3|4|0) und C(-5|7|0) und einer Höhe von 4 und
- „mit der Axialmethode“ einen allgemein liegenden, 6m hohen, blauen Quader mit gegebener Kante A(-5|-3|0), B(-2|-5|0), dessen Kante CD durch den Ursprung verläuft.



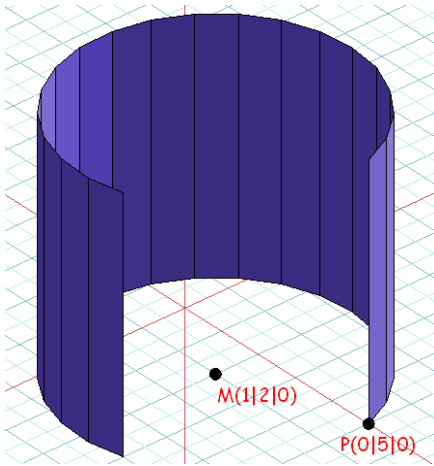
1. Objektfarbe Rot einstellen
2. Werkzeug (tool) **Cube** wählen
3. im Dialogfenster **Tool Options** die Methode **Preset** aktivieren und die verlangten Werte für Länge, Breite und Höhe einstellen
4. in der Referenzebene den Cursor in der Nähe des Punktes (3|2) platzieren – Koordinaten im Dialogfenster **Coordinates** kontrollieren – und mit linker Maustaste bestätigen oder



im Dialogfenster **Prompt** die Koordinaten des Basisflächenmittelpunktes (getrennt durch Strichpunkte) eingeben

5. Objektfarbe Grün einstellen
6. im Dialogfenster **Tool Options** die Methode **Diagonal** aktivieren
7. in der Referenzebene den Cursor in der Nähe des Punktes (-3|4) platzieren, linke Maustaste drücken, Basisrechteck aufziehen, so dass der Eckpunkt C im Punkt (-5|7|0) zu liegen kommt (mit linker Maustaste bestätigen)
8. Höhe des Quaders durch „Hochziehen“ festlegen
9. Objektfarbe Blau einstellen
10. im Dialogfenster **Tool Options** die Methode **Axial** aktivieren
11. in der Referenzebene den Cursor in der Nähe des Punktes (-5|-3) platzieren, linke Maustaste drücken, Basiskante aufziehen, so dass der Eckpunkt B im Punkt (-2|-5|0) zu liegen kommt (mit linker Maustaste bestätigen); anschließend wird der Cursor im Ursprung platziert, der Punkt bestätigt und der Quader wiederum durch „Hochziehen“ festgelegt.



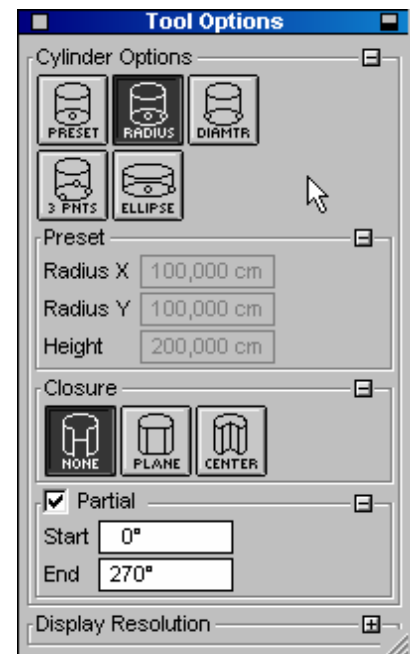


**Aufgabe:** Erzeuge ein Flächenmodell eines Drehzylinderteiles mit

- z-paralleler Drehachse  $a$
- $M(1|2|0) \in a$
- Leitkreis durch  $P(0|5|0)$
- Öffnungswinkel  $270^\circ$
- Höhe 4m

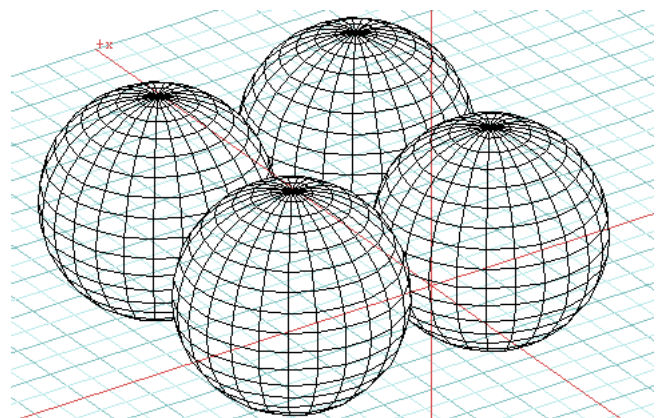


1. Neues Zeichenfenster öffnen – Menü **File – New (Model)**
2. Rasterfangfunktion (**Grid snap**) aktivieren
3. Objektfarbe Blau einstellen
4. Werkzeug (tool) **Cylinder** wählen
5. im Dialogfenster **Tool Options** eventuell „versteckte“ Optionen (,+`-Symbol drücken) sichtbar machen und
6. die Option **Radius** wählen  
Flächenmodell (**Closure None**) wählen  
**Partial** aktivieren (✓)  
**Start**- und **End**winkel eingeben
7. in der Referenzebene  
den Punkt (1|2) als Mittelpunkt,  
den Punkt (0|5) als Anfangspunkt und  
die Höhe mit 4m festlegen



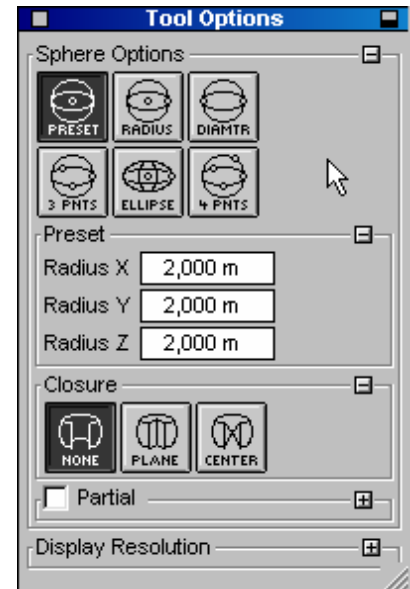
**Aufgabe:** Erzeuge weitere Zylinder und Kegel und experimentiere mit den einzelnen Optionen.

**Aufgabe:** Vier einander berührende Kugeln mit Radius 2m – die Mittelpunkte bilden ein Quadrat – sollen auf die Referenzebene gelegt werden.





1. Werkzeug (tool) **Sphere** wählen
2. im Dialogfenster **Tool Options**  
die Option **Preset** wählen  
Werte für den Radius eingeben  
Flächenmodell (**Closure None**) wählen
3. in der Referenzebene vier Rasterpunkte als  
Mittelpunkte der Kugeln angeben - die vier  
Mittelpunkte müssen dabei ein Quadrat mit  
4m Seitenlänge bilden  
**TIPP:** als Ansicht den Grundriss wählen
4. in allgemeiner axonometrischer Ansicht alle  
vier Kugeln markieren  
dazu das **Pick tool** – 4b – auswählen (als  
**Pickoption** muss das ganze Objekt verwen-  
det werden – 4a) und alle vier Kugeln  
anklicken



5. zum Verschieben parallel zur z-Achse in der **windows tool bar** die Option **perpendicular** aktivieren

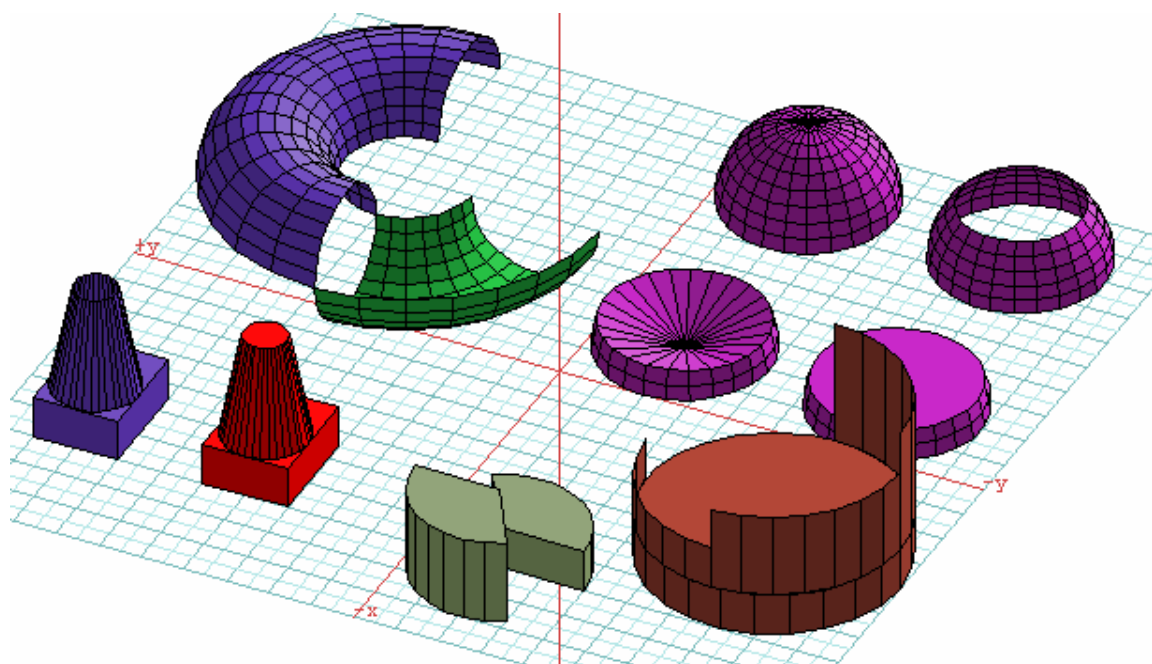


- das Werkzeug **move** – 12a – auswählen (11a muss auf **self** eingestellt sein) und die vier Kugeln um 2m nach oben verschieben
- Kontrolle über den Aufriss

**Aufgabe:** Erzeuge weitere Kugeln und Tori und experimentiere mit den einzelnen Optionen.

## E) Erstellen einfacher geometrischer Szenen

### Aufgabe: Erstelle folgende Szene

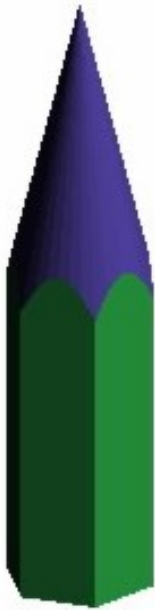


## 2.Übung

*Lehrziele: Das sollten Sie am Ende der Übungen beherrschen:*

- Objekte schieben und drehen
- Snapfunktionen
- Boole'sche Operationen
- einfache 3D-Extrusionskörper erzeugen

### A) Bleistiftspitze (Durchschnitt, Extrusionsfläche)




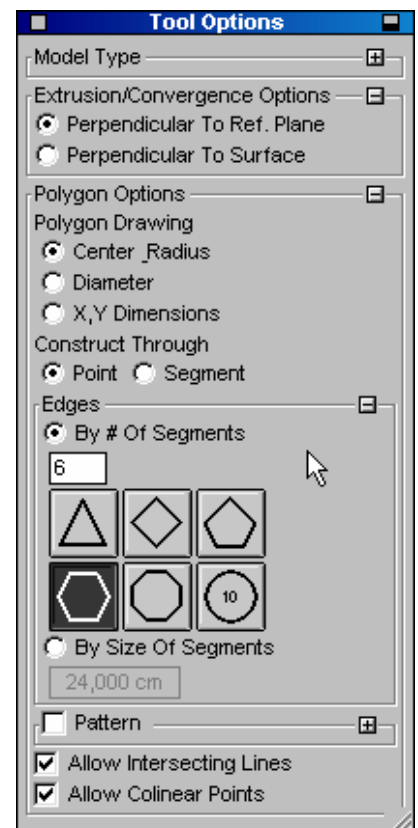
**Aufgabe:** Modelliere eine „klassische“ Bleistiftspitze (siehe Bild links).

1. geeignete Arbeitseinheiten (cm) für das Modell einstellen (Menüpunkt **Options – Working Units**)
2. Größe des Rasters (Menüpunkt **Windows – Window Setup**) mit 5cm und je 5 Untereinheiten (**# Divisions**) angeben
3. den Rasterfang dem eingestellten Raster anpassen; dazu im Fenster **Snap Options** (Menüpunkt **Windows – Snap Options**) das Kästchen **Match Grid Module** anhängen

4. Bildausschnitt geeignet wählen (**Zoom**)
5. Rasterfang einstellen
6. Kegel mit 2cm Radius und 8cm Höhe in der Farbe Blau im Koordinatenursprung erzeugen  
Objektfarbe Grün wählen  
eventuell den Menüpunkt **Graphic/Keyed** im Menü **Heights** auswählen



7. in der **tool bar** (2a) die Objektform auf **3D-Extrusion** einstellen
8.  aus den Werkzeugen 3a das tool **Polygon** wählen
9. im Dialogfenster **Tool Options** die Anzahl der Segmente (**By # Of Segments**) mit 6 angeben oder das entsprechende Symbol auswählen
10. Mittelpunkt des Basissechsecks im Ursprung wählen





einen Eckpunkt des rm. sechsseitigen Prismas im Punkt (1|0|0)  
platzieren  
die Höhe größer als 8cm angeben

11. das Werkzeug **Durchschnitt (intersection)** aus der Gruppe 8a wählen und die beiden Objekte anklicken

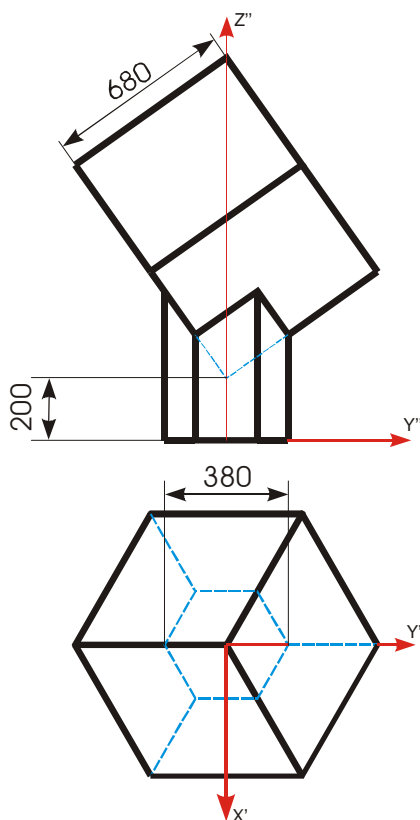
**Tipp:** Bei allen Boole'schen Operationen kann im Optionsfenster festgelegt werden,

- ob die Ausgangskörper erhalten bleiben (**Operand Status Keep**),
- als „versteckte“ Objekte weiterhin existieren (**Operand Status Ghost**) oder
- gelöscht (**Operand Status Delete**) werden sollen.

## B) Baumhaus von Piet BLOM (Drehen, Snapfunktion, Vereinigen, Extrusionsfläche)

**Aufgabe:** Der Architekt Piet BLOM hat in Helmond (Niederlande) eine Siedlung geplant, deren Einzelgebäude die Form eines Baumes haben sollten. Als „Stamm“ dient ein regelmäßiges sechsseitiges Prisma, als „Baumkrone“ fungiert ein Würfel mit erstprojizierender Raumdiagonale.

Ein vereinfachtes Modell eines Baumhauses soll mit formZ modelliert werden.



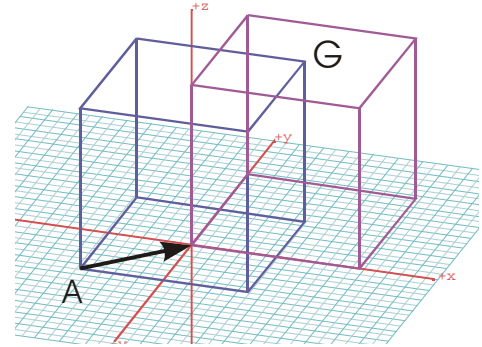
1. Würfel mit Seitenkantenlänge 680cm im Ursprung entwerfen:

- Werkzeug **Cube 1a** – Methode **Preset**



2. Würfel so verschieben, dass die Ecke A im Ursprung zu liegen kommt:

- Werkzeug **Move** (12a) wählen
- in der **window tool bar** Snapfunktion **Endpoint** einstellen (6. Symbol)
- den Würfel im Punkt A anklicken („einfangen“)
- Cursor im Ursprung platzieren und bestätigen



3. Würfel um die z-Achse um  $45^\circ$  (Orientierung beachten) drehen, so dass eine Flächendiagonale in die positive x-Achse fällt:

- Snapfunktion ausschalten (**No Object Snap**)



- Werkzeug **Rotate** (12a) wählen
- Würfel anklicken
- als Rotationszentrum (Drehachse steht immer normal zur Referenzebene) den Koordinatenursprung wählen
- im Dialogfenster **Prompt** für den Drehwinkel  $-45^\circ$  eingeben

4. Würfel um die y-Achse aufkippen, und zwar so, dass der dem Eckpunkt A gegenüberliegende Punkt G nach der Drehung in der z-Achse liegt:



- die zx-Ebene als neue Referenzebene festlegen – dazu in der **window tool bar** aus dem ersten Popup-Menü das Symbol für die zx-Referenzebene auswählen
- Werkzeug **Rotate** (12a) wählen
- Würfel anklicken
- als Rotationszentrum wieder den Koordinatenursprung wählen
- Snapfunktion **Endpoint** einstellen
- Eckpunkt G und anschließend Endpunkt der positiven z-Achse anklicken
- Kontrolle über den Grundriss (**View – Top** oder **<STRG> <6>**) hier sollte in der Wireframedarstellung ein rm. Sechseck samt Diagonalen zu sehen sein

5. Würfel längs der z-Achse um 2m verschieben

- axonometrische Ansicht herstellen
- Snapfunktion ausschalten (**No Object Snap**)
- Werkzeug **Move** (12a) wählen
- Würfel im Ursprung antippen und 2m nach oben verschieben

6. regelmäßiges sechsseitiges Prisma als Extrusionsfläche erzeugen und richtig platzieren



- Werkzeug **Polygon** (3a) wählen
- Objekttyp (2a) auf **3D-Extrusion** einstellen
- die xy-Ebene als neue Referenzebene bestimmen (**window tool bar**)
- Mittelpunkt im Koordinatenursprung angeben
- im Dialogfeld **Prompt** den Radius mit 1,9m eintippen und bestätigen, dabei auf die Lage des Sechsecks achten
- Höhe mit etwa 6m „aufziehen“
- wenn nötig (vgl. Angabe): Werkzeug **Rotate** (12a) wählen – Drehachse = z-Achse, Drehwinkel 30°

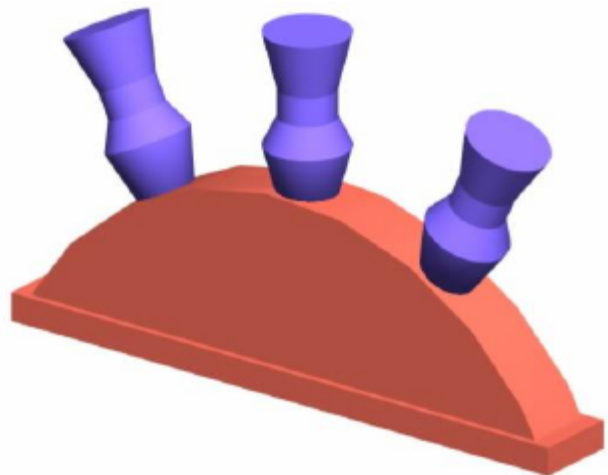
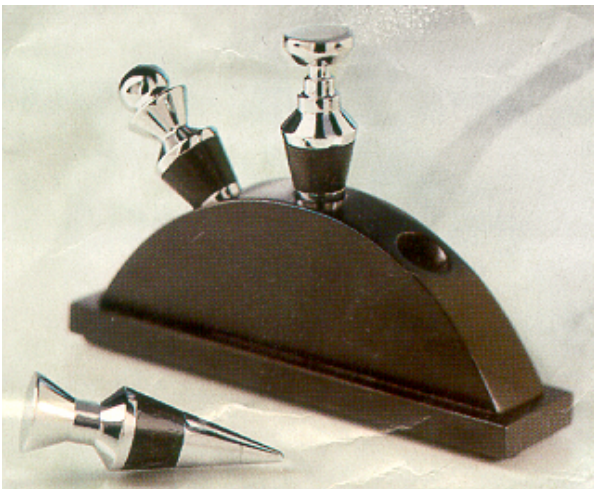
7. beide Objekte zu einem Objekt vereinigen



- Werkzeug **Vereinigung (Union)** (8a) wählen
- im Dialogfenster **Tool Options** als **Operand Status** Delete wählen
- beide Objekte antippen

### C) Flaschenverschluss-Set (Differenz, Spiegeln)

**Aufgabe:** Ein vierteiliges Flaschenverschluss-Set (vgl. Foto) soll mit formZ modelliert werden. Dabei sind die notwendigen Abmessungen frei zu wählen.





1. geeignete Arbeitseinheiten (cm), Größe des Rasters und Bildausschnitt wählen
2. Rasterfang einstellen

#### **Flaschenverschluss aus Kegel- und Zylinderteilen zusammensetzen:**

3. Kegel ( $d = 3\text{cm}$ ,  $h = 6\text{cm}$ ) im Ursprung erzeugen (Höhe nach unten abtragen)
4. Kegelstumpf ( $d_1 = 3\text{cm}$ ,  $d_2 = 2\text{cm}$ ,  $h = 1\text{cm}$ ) im Ursprung entwerfen
  - im Dialogfeld **Tool Options** das Kästchen bei **Truncated Cone** anhängen
  - Mittelpunkt im Ursprung wählen
  - Punkt (0|1,5|0) legt den Radius fest
  - Höhe mit 1cm angeben

- Punkt (0|1|1) legt den zweiten Radius fest
5. beide Objekte vereinigen (**Union** 8a)
  6. Zylinder ( $d = 2\text{cm}$ ,  $h = 1\text{cm}$ ) aufsetzen

Methode **Preset** verwenden

- im Dialogfeld **Prompt** für den **Center Point** „0; 0; 1“ eingeben
7. Kegelstumpf ( $d_1 = 2\text{cm}$ ,  $d_2 = 3\text{cm}$ ,  $h = 2\text{cm}$ ) im Punkt (0|0|2) erzeugen
    -  in der **window tool bar** das zweite Symbol **Perpendicular Switch** (zum Konstruieren in zur Referenzebene normalen Richtungen) aktivieren
    -  Referenzebene um 2cm nach oben verschieben, dazu den Ursprung antippen und 2cm nach oben verschieben (Kontrolle im Dialogfenster **Coordinates** !)

*Hinweis:* Die Werkzeuge zum Ändern der Referenzebene befinden sich im 3. PullUp-Menü in der **window tool bar**.

    - Mittelpunkt des Basiskreises im neuen Ursprung wählen
    - Radius, Höhe und zweiten Radius mittels Rasterpunkte angeben
  8. Alle Objekte vereinigen
    - Werkzeug **Pick** (4b) wählen
    - mit gedrückter linker Maustaste Zaun (Rechteck) um alle Objekte aufziehen
    - mit dem Werkzeug **Union** (8a) alle Objekte vereinigen; mit der linken Maustaste die Vereinigung bestätigen

### **Halterung aus Quader und Drehzylinderteil zusammensetzen**

9. drehzylindrischen Teil der Halterung konstruieren
  - zx-Ebene als Referenzebene einstellen
  - Zylinder ( $r = 12\text{cm}$ ,  $h = 2,5\text{cm}$ ) im Ursprung erzeugen (Drehachse ist parallel zur y-Achse)
  - xy-Ebene als Referenzebene einstellen
  - Referenzebene in die Höhe  $z = 6$  des Weltkoordinatensystems verlegen (z.B. über die Eingabe im Dialogfenster **Prompt**)
  - Quader mit den Maßen (25 x 10 x 20) im neuen Benutzerkoordinatenursprung entwerfen
  - Durchschnitt (**Intersection** 8a) der beiden Teile bilden; die beiden Grundkörper sollen dabei gelöscht werden
  - den Zylinderteil um 5cm nach unten und um 1,25cm nach hinten verschieben (jeweils richtige Referenzebenen verwenden!); eventuell die Snapfunktionen **Midpoint** und **Endpoint** verwenden

Kontrolle über den Grundriss

**Tipp:** Über den Menüpunkt **Windows – Window Frames** können gleichzeitig die Haupttrisse und eine allgemeine Ansicht angezeigt werden; für die Haupttrisse ist dabei jeweils die entsprechende Hauptebene die gültige



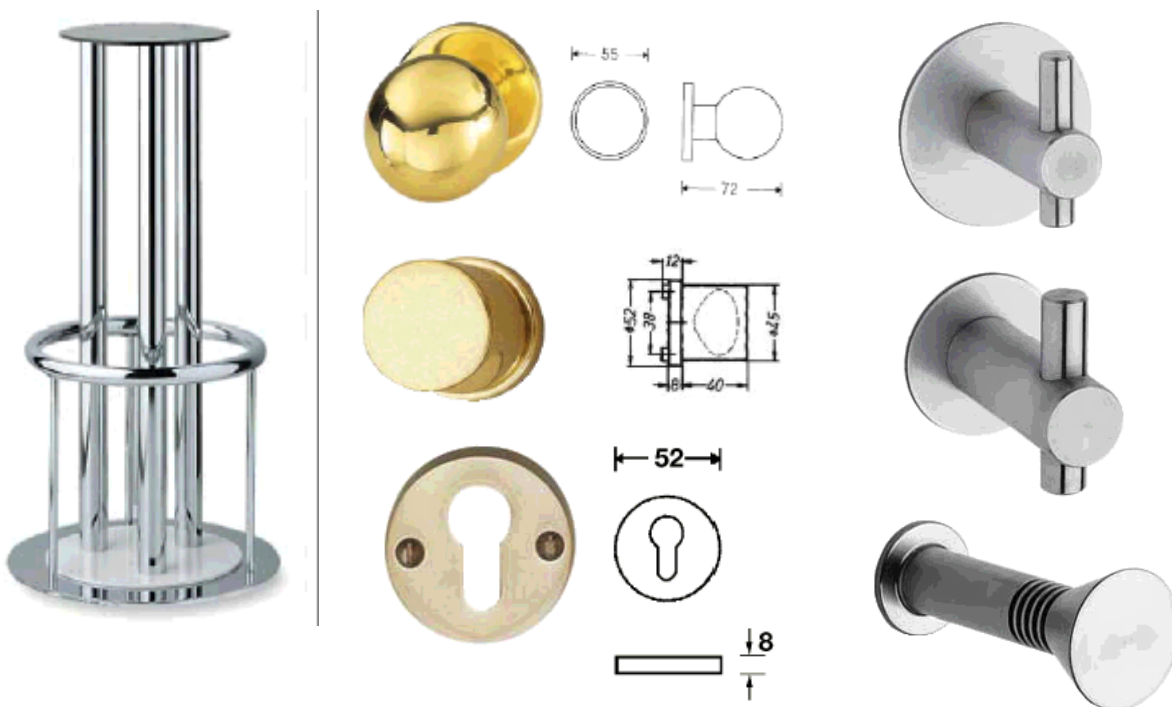
Referenzebene und zwar unabhängig von der benutzerdefinierten Referenzebene!

10. quaderförmigen Sockel (22 x 3 x 1) konstruieren, richtig platzieren und mit dem Zylinderteil vereinigen

### Fertigstellung des Flaschenverschluss-Sets

11. Flaschenverschluss so verschieben, dass die Spitze *S* in die Position  $z = 3$  gelangt (am besten im Aufriss; vgl Tipp bei Nr. 9)
12. zwei weitere Flaschenverschlüsse durch Kopieren und Drehung erzeugen
- 11a auf **One Copy** einstellen
  - *zx*-Ebene als Referenzebene einstellen (oder im Kreuzriss konstruieren)
  - Werkzeug **Rotate** (12a) wählen
  - Flaschenverschluss antippen
  - Drehachse ist die Drehzylinderachse – im Dialogfenster **Prompt** „0; 0; -7“ eintippen
  - Drehwinkel 25° (ebenfalls im Dialogfenster **Prompt** eintippen)
  - dritten Verschluss analog konstruieren (Drehwinkel -25°)
13. Löcher mittels der Boole'schen Operation **Difference** (8a) erzeugen
- im Dialogfenster **Tool Options** den **Operand Status** auf **Keep** einstellen
  - jeweils zuerst den Zylinderteil und anschließend die Verschlüsse anklicken
  - die dabei erhalten gebliebenen, und daher überflüssigen (nicht ausgebohrten) Halterungen löschen

### D) Weitere Übungsbeispiele samt Bildern



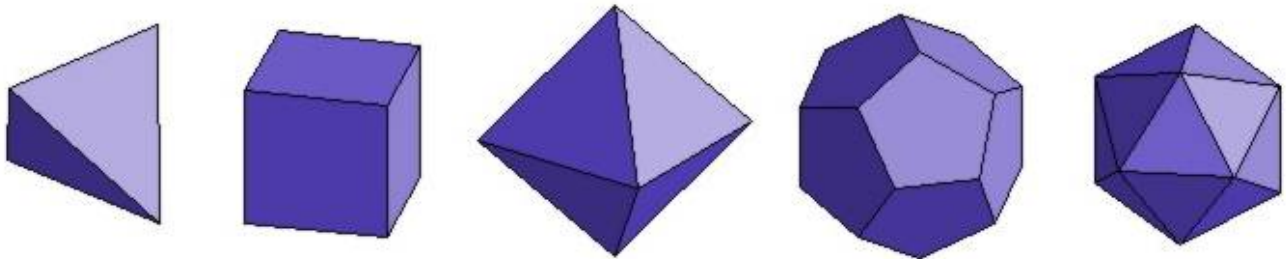
### 3.Übung

*Lehrziele: Das sollten Sie am Ende der Übungen beherrschen:*

- Platonische Körper
- allgemeine Referenzebene festlegen
- Objekte um allgemeine Geraden drehen
- Snapfunktion Mittelpunkt, Schnittpunkt
- Extrusionskörper erzeugen
- Skalieren

Anhand zweier Arbeiten (Sterne, 1948 und Wasserfall, 1961) des holländischen Grafikers M.C. ESCHER üben wir räumliche Drehungen und den Umgang mit Platonischen Körpern ein.

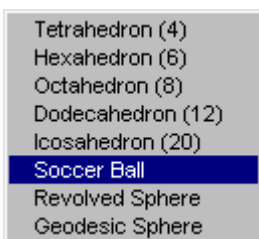
A) Die fünf Platonischen Körper mit formZ erzeugen



**Aufgabe:** Erzeuge die fünf Platonischen Körper.



1. Werkzeug **Spheric Balls** (1b) wählen



2. In **Tool Options** als **Shape** der Reihe nach

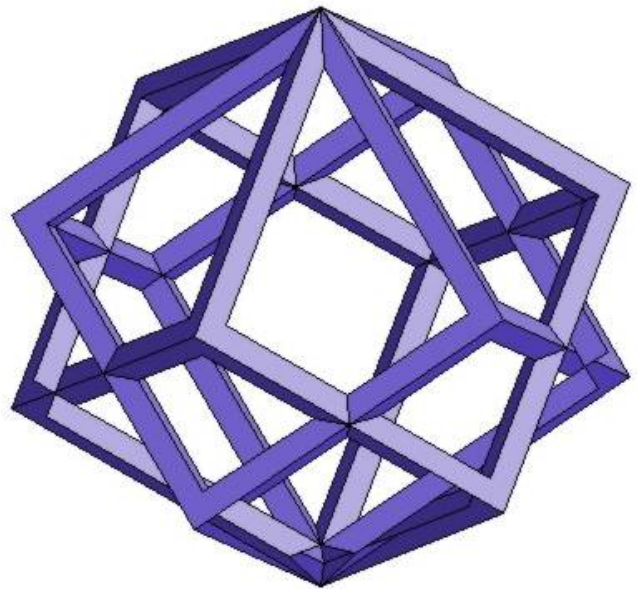
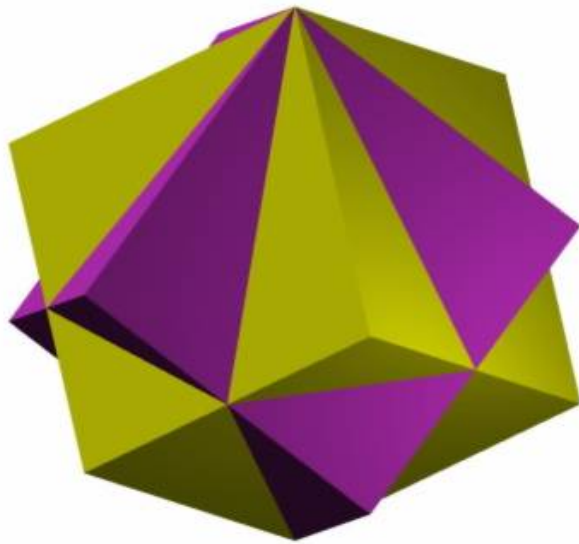
- Tetrahedron (Tetraeder)
- Hexahedron (Würfel)
- Octahedron (Oktaeder)
- Dodecahedron (Dodekaeder) und
- Icosahedron (Ikosaeder) auswählen und erzeugen

**Hinweis:** Für Oktaeder, Dodekaeder und Ikosaeder beziehen sich die Angabemöglichkeiten (**Radius, Diameter, 3 Points** und **4 Points**) jeweils auf die Umkugel; für Tetraeder und Würfel gilt: Durchmesser = Kantenlänge des Objekts.

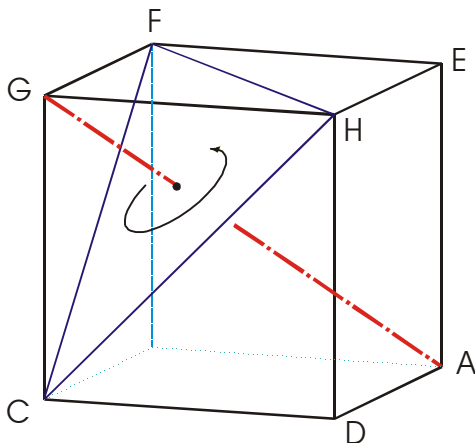
Über die Angabemöglichkeiten **Preset** und **Ellipse** (treffendere Bezeichnung wäre Ellipsoid) werden im allgemeinen Fall keine Platonischen Körper erzeugt!

B) Variationen mit zwei Würfeln (Differenz, Drehen, Vereinigung)



**Aufgabe:** Die beiden auf der folgenden Seite abgebildeten Objekte aus dem Holzstich "Sterne" sollen mit formZ modelliert werden.



1. Würfel mit den Eckpunkten  $A(-3|-4)$  und  $C(-7|-8)$  mit dem Werkzeug **Cube** (1a) konstruieren (Seitenkantenlänge  $a=4$ ).



2. Würfel im Kopiermodus um die Achse AG (vgl. Skizze) drehen

-  zusätzlich Pickoption **Point** (4a) zum Auswählen von Punkten aktivieren
-  allgemeine Referenzebene (normal zur Drehachse) durch die Punkte C, F und H legen

- Kontrolle, ob die Referenzebene richtig liegt (Drehen des Bildes bis die Ebene projizierend wird)
  - 4a wieder auf **Object** und 11a auf **One Copy** einstellen
  - in der **window tool bar** Snapfunktion **Endpoint** einstellen (6. Symbol)
  - Werkzeug **Rotate** (12a) auswählen und Würfel um die Achse AG ("Center of Rotation" ist der Punkt G"; Drehwinkel  $60^\circ$ ) drehen
  - Snapfunktion **No Object Snap** wieder herstellen
  - beide Objekte vereinigen (8a) - Ausgangsobjekte löschen
  - Referenzebene wieder in die xy-Ebene legen
3. Würfel mit der Seitenkantenlänge 7 mit einer Ecke im Ursprung mit positiven Eckpunktskoordinaten entwerfen
  4. Die Kanten des Würfels als „massive Stäbe“ ausführen
    - Quader (6 x 6 x 7) mit Eckpunkten (0,5|0,5|0) und (6,5|6,5|0) erzeugen
    - Differenz (8a) der Körper bilden (Fig. 1a)

- Referenzebene in die yz-Ebene legen und einen weiteren Quader (7 x 6 x 6) richtig bezüglich des Würfels platzieren
- Differenz (8a) der Körper bilden (Fig. 1b)
- Referenzebene in die zx-Ebene legen und einen weiteren Quader (6 x 7 x 6) richtig bezüglich des Würfels platzieren
- Differenz (8a) der Körper bilden (Fig. 1c)

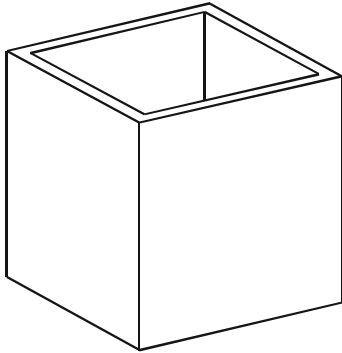


Fig. 1a

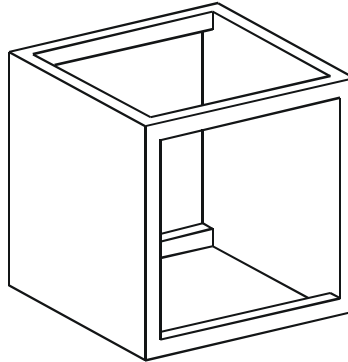


Fig. 1b

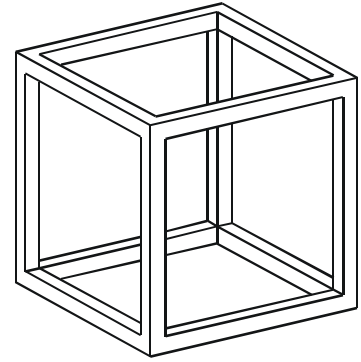
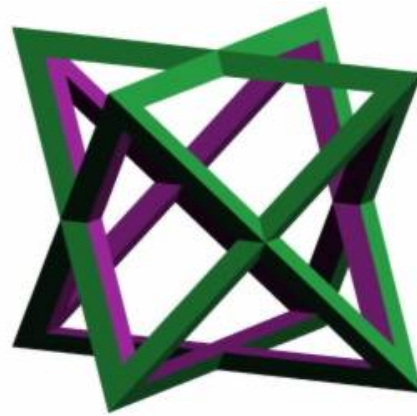
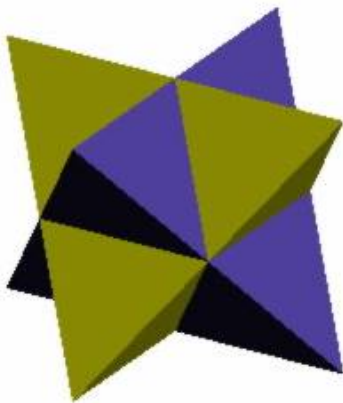


Fig. 1c

5. Würfel wie bei Übung 2 , Aufgabe B (Baumhaus von Piet Blom) so aufstellen, dass eine Raumdiagonale in die z-Achse fällt.
6. Würfel im Kopiermodus um die z-Achse drehen; Drehwinkel  $60^\circ$
7. Beide Objekte vereinigen.

### C) Variationen mit zwei Tetraedern – Stella Octangula (allgemeines Polygon - Vektorlinie, Extrusionskörper, Skalieren)

**Aufgabe:** Die beiden unten abgebildeten Objekte aus dem Holzstich "Sterne" sollen mit formZ modelliert werden.



1. Tetraeder konstruieren (Methode **Diameter** -  $A(0|0)$  und  $B(-8|0)$ ; die Kantenlänge beträgt also 8 Einheiten)  
Das Tetraeder liegt nun so, dass zwei Kanten parallel zur xy-Ebene verlaufen.
2. Tetraeder im Kopiermodus um die z-parallele Achse durch einen Kantenmittelpunkt um  $90^\circ$  verdrehen (Snapfunktion **Midpoint** verwenden)
3. Objekte vereinigen
4. Neues Arbeitsblatt starten

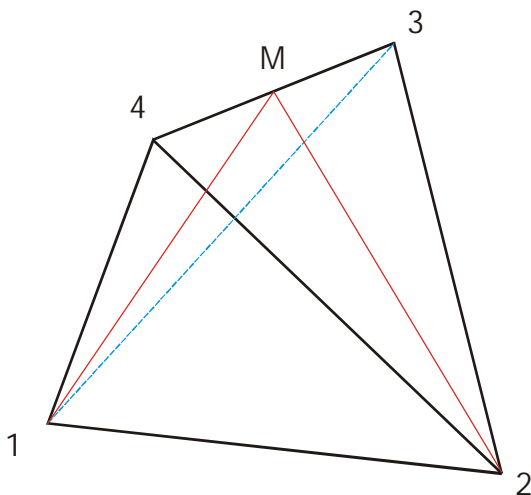
5. Weiteres Tetraeder (wie in 1.) erzeugen – (Methode **Radius** – im Ursprung zentrierte Umkugel durch den Punkt  $A(6/0)$ )
6. Die Kanten des Tetraeders als „massive Stäbe“ ausführen
  - Wir verwenden den Schnitt des Tetraeders mit der  $zx$ -Ebene als Hilfsfigur für das Leitpolygon eines „Fräsprismas“
  - $zx$ -Ebene als Referenzebene wählen



- **Object Type** auf **2D-Enclosure** einstellen (2a)



- Aus der Gruppe **Lines, Splines and Arcs** (3b) das Werkzeug **Vector Line** auswählen



- den Wert für **Justification** in den **2D Enclosure Options** (im Fenster **Tool Options**) auf **Left** setzen und den Abstand für die Parallelkurve (**Wall Width**) mit 0,5 festlegen
- Snapfunktion auf **Endpoint** einstellen
- Eckpunkte 1 und 2 snappen (einfangen)
- Snapfunktion auf **Midpoint** einstellen
- Mittelpunkt  $M$  der Kante 34 einfangen
- Snapfunktion auf **Endpoint** einstellen

- Eckpunkt 1 snappen; mit Doppelklick die Erzeugung des Hilfsdreiecks abschließen  
**Tipp:** Ein Polygonzug (**Vector Line**) kann auch schneller mit Hilfe der Taste **<e>** beendet oder mittels **<c>** geschlossen werden



- **Object Type** auf **3D-Extrusion** einstellen (2a)
  - das „innere Dreieck“ dient nun als Leitpolygon eines Prismas; nach Auswahl des Werkzeugs **Vector Line** werden der Reihe nach die Eckpunkte dieses Dreiecks eingefangen (mit Doppelklick abschließen) und anschließend wird die Höhe des Prismas (größer als 16) aufgezogen
  - Snapfunktion auf **No Object Snap** einstellen und (im Grundriss) das Prisma längs der  $y$ -Achse (um etwa die halbe Höhe) verschieben
  - das zweite Fräsprisma mit  $x$ -parallelen Kanten entsteht aus dem ersten durch eine  $180^\circ$ -Drehung (um die  $y$ -Achse) und anschließender  $90^\circ$ -Drehung um die  $z$ -Achse (Kopiermodus (11a) nicht vergessen; richtige Referenzebenen verwenden!).
  - Differenz zwischen dem Tetraeder und den beiden Fräsprismen erzeugen
7. Ein zweites, um  $90^\circ$  verdrehtes Tetraeder (vgl. Punkt 2 und 3) erzeugen und mit dem ersten vereinigen.

## D) Würfel und Oktaeder (zentrische Ähnlichkeit)

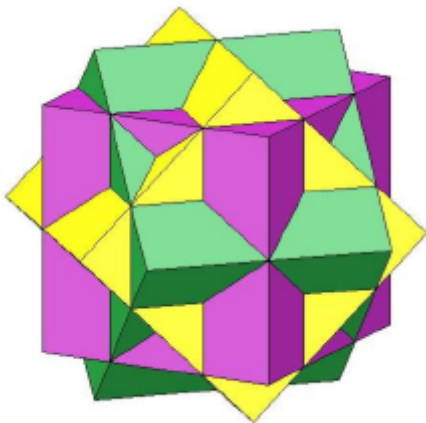


**Aufgabe:** Das links abgebildete, aus einem Würfel und einem Oktaeder zusammengesetzte Objekt (vgl. "Sterne" von M.C.Escher) soll mit formZ modelliert werden.

*Bemerkung: Das Oktaeder entsteht aus dem Würfel durch Polarisieren an der Kanteninkugel.*

1. Den Würfel (Hexahedron) als **Spherical Object** (Mittelpunkt ist der Ursprung, der Punkt  $(0|5|0)$  liegt auf der Umkugel) erzeugen damit liegt der Mittelpunkt des Würfels im Ursprung!
2. Das Oktaeder ebenfalls als **Spherical Object** (Mittelpunkt ist der Ursprung, beliebiger Radius) so erzeugen, dass die Eckpunkte auf den Koordinatenachsen liegen
3. Mit dem Werkzeug **Uniform Scale** (12a) das Oktaeder so vergrößern (verkleinern), dass die Kantenmittelpunkte des Oktaeders in den Kantenmittelpunkten des Würfels zu liegen kommen
  - Oktaeder auswählen
  - Ähnlichkeitszentrum (**Base of Uniform Scale**) im Ursprung wählen
  - Kantenmitte des Oktaeders einfangen
  - Zugehörige Kantenmitte des Würfels einfangen
4. Beide Objekte vereinigen (8a)

## E) Weitere Übungsaufgaben



Man versuche weitere, in den beiden Escherarbeiten vorkommende Objekte (vgl. linke Figur) zu modellieren.



## 4. Übung

*Lehrziele: Das sollten Sie am Ende der Übungen beherrschen:*

- Durchschnittsverfahren der Perspektive
- Grundbegriffe der Perspektive im Zusammenhang mit CAD
- Konstruktion von Schatten bei Parallelbeleuchtung
- Umsetzung von Schattenkonstruktionen mit CAD
- Benutzer- und Weltkoordinatensystem
- Absolute und relative Koordinaten

### A) Durchschnittsverfahren der Perspektive

**Aufgabe:** Von einem Modell einer Kirche ist nach dem Durchschnittsverfahren der Perspektive ein Zentralriss zu ermitteln (vgl. Arbeitsblatt).



1. Einmessen des Augpunktes  $O(8|13|5,5)$
2. Ermitteln des Hauptpunkts  $H$  (Hauptsehstrahl)
3. Konstruktion der Fluchtpunkte  $X_u^c$  und  $Y_u^c$   
Beachte: Auf Grund der speziellen Angabe  
 $\angle p, x = \angle p, y = 45^\circ$  gilt:  $\overline{X_u^c H} = \overline{Y_u^c H}$
4. Kante  $AB$  liegt in der Bildebene  $p \Rightarrow A^c B^c$  (Lage bezüglich  $H$  beachten!)
5. Endpunkt  $C$  des Firstes liegt auf einer  $y$ -Parallelen durch  $A$ ; der Zentralriss von  $C^c$  liegt auf der Geraden  $A^c Y_u^c$ ; mit Hilfe des Abstands  $\overline{H' C^c}$  wird  $C^c$  ermittelt.
6. Eckpunkt  $D$  liegt in der Bildebene  $p \Rightarrow D^c$
7. Ecke  $E$  ist durch eine  $x$ -Parallele durch  $B$  und durch eine  $y$ -Parallele durch  $D$  festgelegt
8. Die Kante  $DF$  steht normal zur Bildebene; der Zentralriss der Trägergeraden von  $DF$  fluchtet daher im Hauptpunkt  $H$ ; da  $F$  auch auf einer  $y$ -Parallelen durch  $B$  liegt, kann der Zentralriss  $F^c$  leicht gefunden werden.
9. Der Zentralriss von  $G$  liegt auf der Geraden  $B^c X_u^c$  "unterhalb" von  $H$ .
10. Der Hilfspunkt  $1$  ist der Mittelpunkt der Strecke  $\overline{AB}$ ; wegen der Mittelpunktstreue bei der Abbildung von Hauptgeraden ist  $1^c$  der Mittelpunkt der Strecke  $\overline{A^c B^c}$ .
11. Die Zentralrisse der Punkte  $I$  und  $J$  können nun durch Konstruktion von zu den Koordinatenachsen parallelen Hilfsgeraden gefunden werden.

#### Zeichenkontrollen:

- Die Risse der (im Raum parallelen) Trägergeraden von  $DJ$  und  $EI$  schneiden einander im Fluchtpunkt  $F_u^c$ .

Dieser Punkt liegt im Abstand  $d (= \overline{OH} = \text{Distanz})$  über dem Hauptpunkt  $H$ .



- Die Kanten  $GI$  und  $JM$  liegen parallel zur Bildebene; sie sind daher Hauptgeraden. Die Risse  $G^cI^c$  und  $J^cM^c$  verlaufen parallel.
  - Die Kante  $MF$  ist ebenfalls eine Hauptgerade; der Zentralriss dieser Kante verläuft parallel zum Horizont.
12. Die Kante  $BK$  ist Hauptgerade und zu  $GI$  parallel; daher sind die Zentralrisse dieser Kanten auch parallel; daraus folgt die Konstruktion für den Punkt  $K$ .
13. Zur Ermittlung des Zentralrisses  $L^c$  von  $L$  nützen wir eine der folgenden Eigenschaften:
- $AL$  liegt in der Bildebene (längentreu) und ist parallel zu  $IK$
  - $KL$  liegt in der Bildebene (längentreu)
  - $L^cC^c$  fluchtet in  $F_u^c$
14. Der Punkt  $N$  liegt auf einer  $x$ -Parallelen durch  $K$  und auf der Geraden  $GI$ .
15. Abschließend wird  $P^c$  als Schnittpunkt der  $z$ -parallelen Geraden durch  $N^c$  und der Geraden  $L^cX_u^c$  konstruiert.

## B) Zentralriss eines Modells einer Kirche mit formZ

**Aufgabe:** Modelliere die Kirche aus Aufgabe A und erzeuge mit formZ oben festgelegten Zentralriss. Lege dabei die einzelnen Seitenflächen als Polygone fest; wir erhalten dadurch ein Flächenmodell der Kirche.

1. Raster aktivieren (Einheit 0,5m)
2. **Object Type** auf **2D-Surface** einstellen (2a)
3. Mit dem Werkzeug **Vector Line** (3b) in der  $xy$ -Ebene das Polygon  $GEDFM$  einzeichnen (Lage zum Koordinatensystem beachten!).
4. Nach Auswahl einer neuen Farbe wird mit dem Werkzeug **Vector Line** (3b) das Parallelogramm  $DEIJ$  konstruiert:
  - Die Punkte  $D$  und  $E$  mit Hilfe des Rasters einzeichnen
  - Den Eckpunkt  $I$  mittels Koordinateneingabe im Fenster **Prompts** festlegen:  
 $2,5; 2,5; 3,54 \approx \frac{5}{2}\sqrt{2}$
  - Für die Ecke  $J$ : Umschalten auf Relativkoordinaten - im Fenster **Prompts** die Eingabe von **Absolutkoordinaten** deaktivieren (bei **A** das Häkchen entfernen) und die Strecke  $IJ$  zeichnen oder durch Koordinateneingabe  $(0; -2,5; 0)$  im Fenster **Prompt** festlegen
  - Zeichnen des Parallelogramms durch Doppelklick auf den Eckpunkt  $D$  abschließen.
5. Snapfunktion auf **Endpoint** einstellen
6. Die Polygone  $MGIJ$ ,  $MFJ$  und  $DFJ$  einzeichnen (Punkte jeweils im Raster bzw. als Endpunkte snapen und eventuell Farbe ändern)

Das Polygon  $BKLA$  konstruieren:

- Snapfunktion auf **Midpoint** einstellen

- $B$  als Mitte der Strecke  $GE$  einfangen
- $K$  als Mitte der Strecke  $EI$  einfangen
- zur Konstruktion von  $L$  im Fenster **Prompts** 0; 0; 3,54 (in Relativkoordinaten) eingeben
- im Fenster **Prompts** Absolutkoordinateneingabe aktivieren
- zur Konstruktion von  $A$  im Fenster **Prompts** 2,5; 5; 7,08 (in Absolutkoordinaten) eingeben
- zum Schließen des Polygons Ecke  $B$  mit Doppelklick einfangen

Restliche Polygone analog konstruieren – Ausnützen der Snapfunktionen **Midpoint** bzw. **Endpoint** – bei Bedarf zwischen Absolut- und Relativkoordinaten wechseln.

In einem neuen Layer (man stelle sich darunter eine Overheadfolie vor, die bei Bedarf ausgeblendet werden kann) mit dem Namen Angabe der Perspektive konstruieren wir die Lage des Hauptpunktes:


- im Fenster **Layers** in die Zeile mit dem Text **Name** klicken
- in dem nun erscheinenden Dialogfenster den Button **Layer** drücken und die von uns gewählte Bezeichnung „Angabe der Perspektive“ eingeben, mit **OK** bestätigen und diesen Layer auf **Active** setzen (in der ersten Spalte muss ein Häkchen sein!).

Den **Object Type** auf **3D-Extrusion** einstellen (2a)



Mit dem Werkzeug **Segment** (3b) in der  $xy$ -Ebene die Strecke vom Punkt (7,5|0) zum Punkt (0|7,5) zeichnen und als Höhe 10 eingeben.

Den Hauptsehstrahl legen wir als Oberkante eines Rechtecks fest:

- Punkt (8|13|0) (= Grundriss des Augpunkts) eingeben
-  Snapfunktion **Perpendicular – Angle** auswählen
- Grundlinie der Perspektive (Schnittkante des Hilfsrechtecks = Bildebene mit der  $xy$ -Ebene) einfangen
- Höhe mit 5,5 (=Höhe des Augpunktes) eingeben



Mit dem Werkzeug **Query** (11b) können wir nun die exakte Position des Hauptpunktes feststellen:

- Wir stellen (4a) auf **Point** ein, klicken den Hauptpunkt an und lesen im Dialogfenster die Koordinaten (1,25|6,25|5,5) ab.

**Tipp:** Durch Ändern der Werte in diesem Dialogfenster kann die Position (und damit die Form des Rechtecks) nachträglich geändert werden (parametrisches Konstruieren – Inhalt der Vorlesung und Übung im Wahlfach).

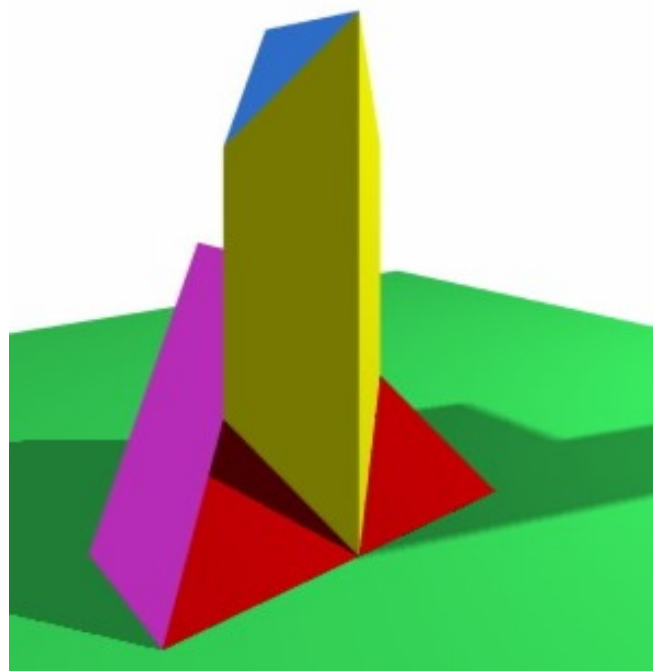
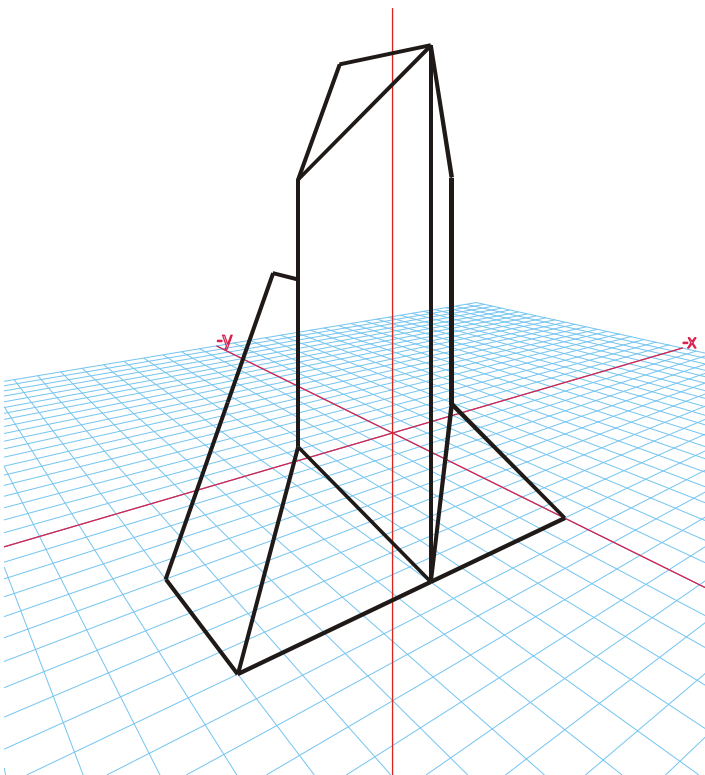
Wir aktivieren den Layer1; und machen den Layer „Angabe der Perspektive“ unsichtbar (in der dritten Spalte im Fenster **Layer** zweimal auf das Rautesymbol klicken).

Im Menüpunkt **View Parameters** im Menü **Views** werden nun folgende Einträge getätigt:

- **View Type** auf **Perspective** stellen
- Koordinaten für den Augpunkt (**Eye Point**) mit 8; 13; 5,5 eingeben
- Koordinaten für den Hauptpunkt (**Center of Interest**) mit 1,25; 6,25; 5,5 eingeben
- für **Angle** (Öffnungswinkel des Sehkegels; indirekt proportional zur Brennweite beim Fotografieren) auf 130° einstellen.

**Tipp:** Mit Hilfe des Menüpunkts **Edit Cone of Vision** des Pull-Down-Menüs **View** (<STRG> <E>) kann die Ansicht ebenfalls den Bedürfnissen des Benutzers angepasst werden:

- in drei von den nun erscheinenden Fenstern erkennt man Grund-, Auf- und Kreuzriss des Objekts samt einem Bereich in Form eines Pyramidenstumpfes; dieser Bereich markiert jenen Teil des dreidimensionalen Raumes der im vierten Ansichtsfenster dargestellt ist
- durch Klicken in die blau unterlegte Titelleiste wird ein spezielles Menü zum Ändern der Ansichtsparameter aktiviert

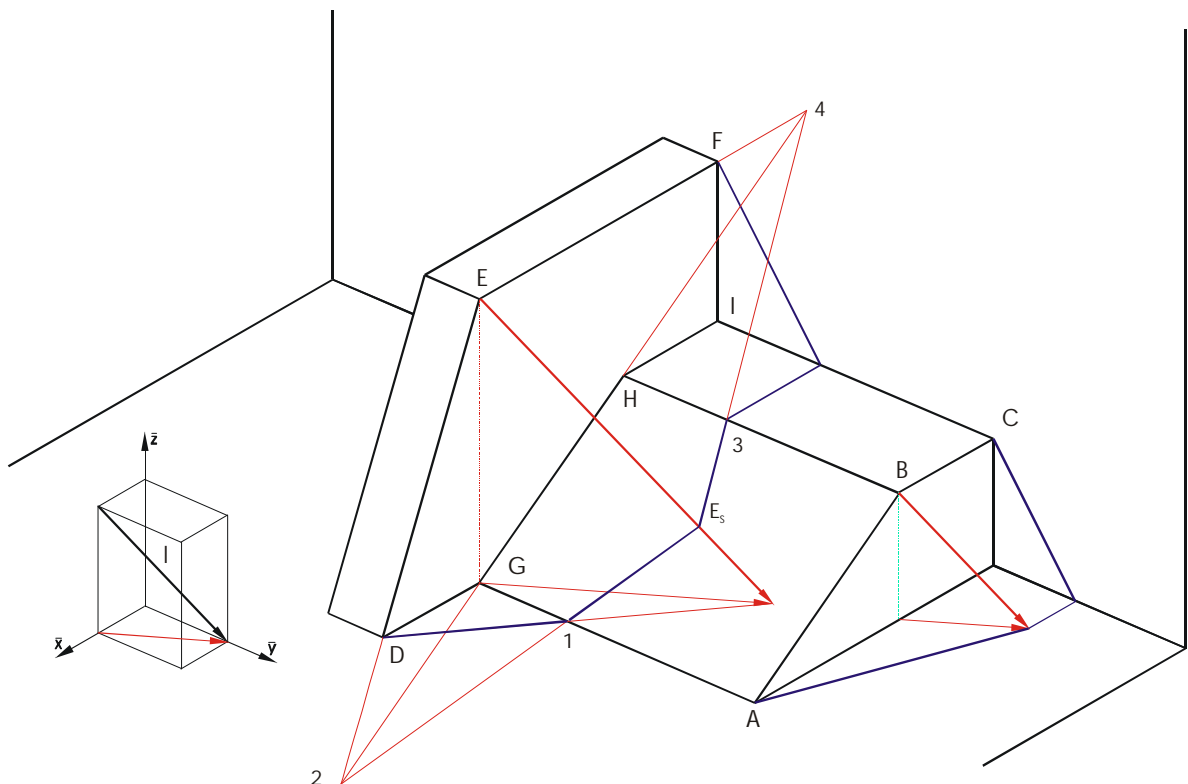


### C) Konstruktion von Schatten bei Parallelbeleuchtung

**Aufgabe:** Man konstruiere für eine Auffahrtsrampe (stark vereinfacht) alle für die Lichtrichtung  $l$  auftretenden Schlag- und Eigenschatten (vgl. Arbeitsblatt).

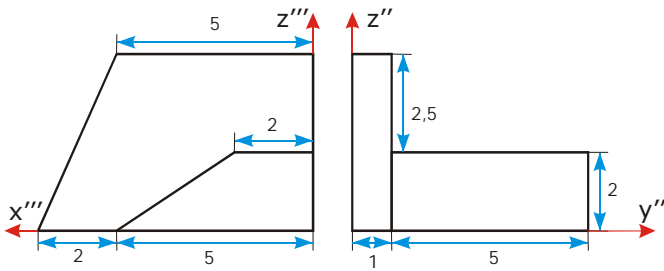
1. Auf Grund der Lichtrichtung erkennen wir die (relevante) Eigenschattengrenze  $ABC$  bzw.  $DEF$ .
2. Der Schlagschatten  $B_s$  von  $B$  in der Ebene  $p_1$  ergibt sich im Schnittpunkt des Lichtstrahls  $l_B$  durch  $B$  mit dem Grundriss  $l_{B'}$  des Lichtstrahls  $l_B$  durch  $B'$  (parallel verschieben); daraus folgt der Schlagschatten der schrägen Kante  $AB$ .
3. Die Kante  $BC$  verläuft horizontal; ihr Schlagschatten in  $p_1$  ist daher parallel zu  $BC$ ; Knickpunkt beachten und Schlagschatten von  $BC$  in der lotrechten Hausmauer durch den Punkt  $C$  vervollständigen.
4. Der Schlagschatten von  $E$  in  $p_1$  (Konstruktion analog zu 2.) liegt innerhalb der Auffahrtsrampe; der Schlagschatten von  $DE$  wird daher an der Basiskante  $AG$  der schrägen Rampe geknickt (Hilfspunkt 1).
5. Der Durchstoßpunkt 2 der Kante  $DE$  mit der Ebene  $ABG$  der schrägen Rampe wird als Schnittpunkt der Geraden  $GH$  und  $DE$  ermittelt.
6. Der Schlagschatten von  $DE$  in der Ebene  $ABG$  liegt auf der Geraden 12 und endet im Schnittpunkt mit dem Lichtstrahl  $l_E$  durch  $E$ .
7. Der Schlagschatten der horizontalen Kante  $EF$  in der zu  $p_1$  parallelen Ebene und in der lotrechten Hausmauer wird analog zu 3. ermittelt.
8. Der dabei auftretende Knickpunkt 3 an der Oberkante  $BH$  der Rampe wird zur Vervollständigung des Schlagschattens mit  $E_s$  verbunden.

**Zeichenkontrolle:** Der Durchstoßpunkt 4 der Kante  $EF$  mit der Ebene  $ABG$  (=Schnittpunkt von  $EF$  mit  $GH$ ) liegt auf der Geraden  $E_s3$ .

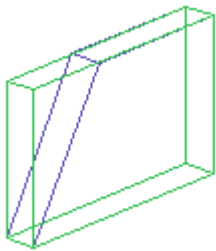


## D) Parallelbeleuchtung mit formZ (Ändern von Objekten, Licht)

**Aufgabe:** Das vereinfachte Modell einer Auffahrtsrampe soll modelliert und mit Parallellicht - Lichtvektor  $(-2|3|-4)$  – ausgeleuchtet werden.



1. Quader mit dem Werkzeug **Cube** (1a) und den Maßen  $(7 \times 1 \times 4,5)$  erzeugen.
2. Quader mit Maßen  $(5 \times 5 \times 2)$  an der richtigen Stelle platzieren.
3. **Pickoption** (4a) auf **Segment** einstellen (Transformationen beziehen sich nun nur mehr auf Kanten!).

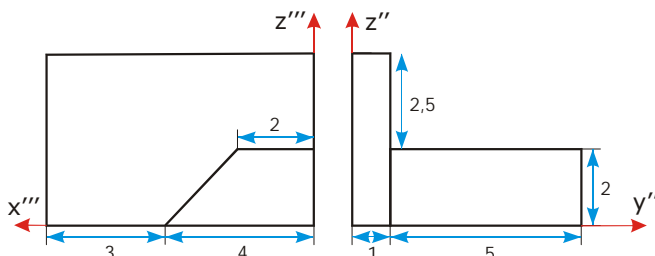


4. Mit dem Werkzeug **Move (Translate)** die vordere Oberkante um 2 Einheiten (ev. Relativkoordinaten verwenden) nach hinten versetzen.
5. Analog den zweiten Quader umändern
6. Im Fenster **Lights** (Aktivieren durch Klick in die zweite Zeile) das vorgegebene Licht (Light1) der geforderten Angabe anpassen:

- Button **Edit** betätigen
- Lichttyp (**Type**) mit **Distant** festlegen
- Lichtvektor eingeben - **Location**  $(x = 2, y = -3, z = 4)$   
**Center of Interest**  $(x = 0, y = 0, z = 0)$
- das Kästchen **Shadows** aktivieren
- als Schattentyp **Hard (Raytraced)** auswählen
- Eingaben mit **OK** bestätigen

7. Im Menüpunkt **Display – Display Options** für die gewünschte Renderart die Darstellung der Schatten aktivieren und das Bild rendern.

## E) Weitere Übungsbeispiele



- a) Konstruiere auf dem Arbeitsblatt sämtliche für die Lichtrichtung / auftretenden Schatten.
  - b) Modellierte die durch die Angabe festgelegte Auffahrtsrampe in formZ und stelle sie mit Eigen- und Schlagschatten dar.
- Lichtvektor  $(-3 | 6 | -8)$  und
  - Lichtvektor  $(-4 | 2 | -3)$

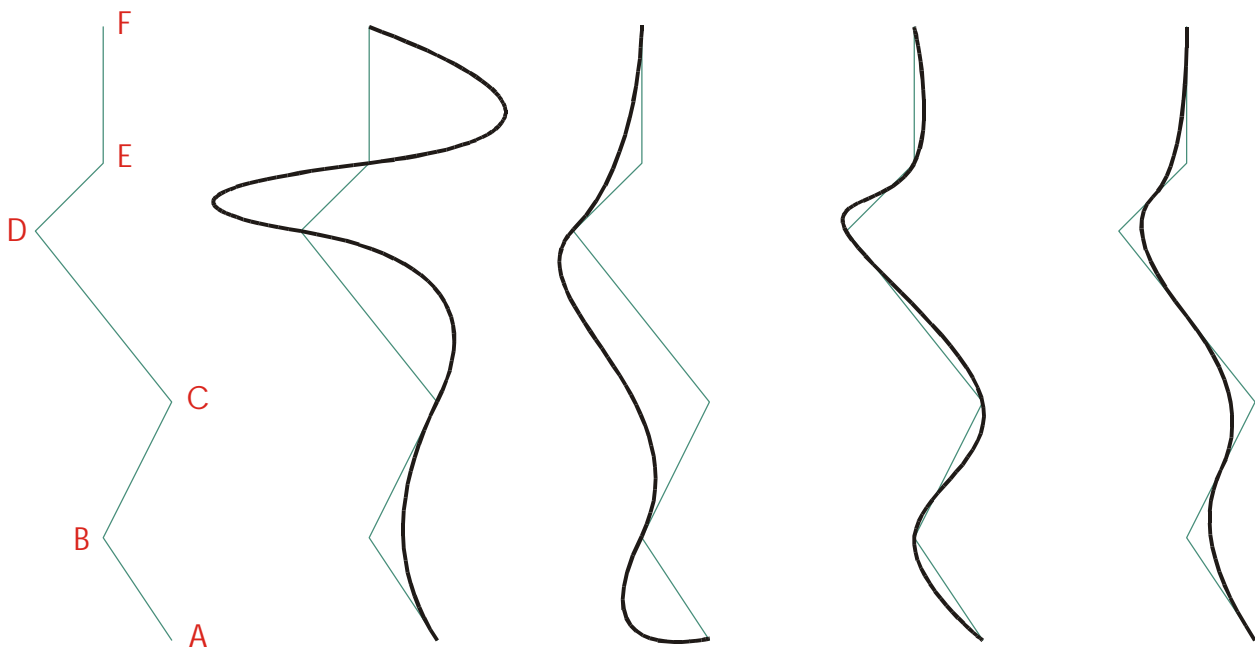
## 5. Übung

*Lehrziele: Das sollten Sie am Ende der Übungen beherrschen:*

- Konstruieren und Ändern von Splines
- Erstellen von Geländemodellen
- Einsatz von Layern zum Strukturieren eines CAD-Modells
- Erzeugen von Drehflächen
- Analyse und Rekonstruktion gebauter Objekte

### A) Splines mit formZ

**Aufgabe:** Eine vorgegebene Punktfolge - A(2|1), B(1|2,5), C(2|4,5), D(0|7), E(1|8) F(1|10) - ist durch verschiedene Kurven zu interpolieren (oder zu approximieren).







1. Raster auf 0,5 einstellen und aktivieren
2. **2D-Surface** (2a) einstellen
3. Layer "Angabe" und "Kurven" erstellen und den Layer "Angabe" aktiv setzen (Palette **Layers**)
4. Polygonzug ABCDEF mittels **Vector Line** (3b) durch die Punkte A(2|1), B(1|2,5), C(2|4,5), D(0|7), E(1|8) F(1|10) konstruieren
5. Polygon markieren und viermal kopieren (Schiebung mit Schiebvektor (4|0))

**Hinweis:** Splines werden in formZ als Polygonzüge (**Facetted**) oder glatt (**Smooth**) dargestellt, wobei der Wert **Spline Resolution** die Länge der einzelnen Segmente festlegt. Dieser Wert soll in den folgenden Beispielen etwa die Hälfte der Grundeinheit betragen.

Kleinere Werte ergeben zwar glattere Kurven, allerdings nimmt der Bedarf an Speicherkapazität und Rechenzeit rapide zu.

6. Im Layer „Kurven“ durch die Angabepunkte folgende Kurven (3b) mit der Einstellung **Facetted** konstruieren:

-  **Spline, Quadratic Bezier**
-  **Spline, Cubic Bezier**
-  **B-Spline, Cubic**
-  **Spline Sketch**

7. Beispiel unter dem Namen KURVE.FMZ abspeichern

**Aufgabe:** Ändern der „Feinheit“ der Kurven sowie der Angabeelemente.

1. Zur Kontrolle der „Feinheit“ der Kurve im Menü **Display – Display Options** für **Wire Frame** die Anzeige der Punkte aktivieren.
2. Mit dem Werkzeug **Query** (11b) Kurven auswählen und deren Eigenschaften ändern:  
Im **Query Object** Fenster mit dem Button **Query Attributes** (unten links) können

der Name des Objekts


der Layer, in dem das Objekt liegen soll

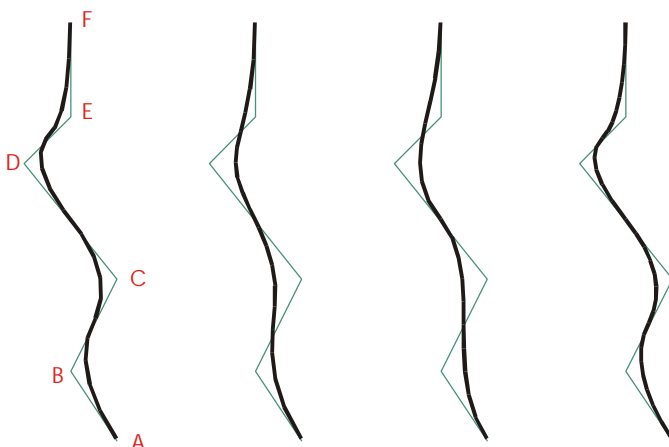
die Farbe (bzw. das Material) des Objekts

geändert werden.

Mit dem Button **Edit** kann der **Model Type** geändert und/oder der Wert für **Spline Resolution** den Vorgaben entsprechend adaptiert werden.

Wir ändern die Feinheit auf 0,2.

3.  Mit dem Werkzeug **Edit Controls** (4b) wird nun jeweils der auf der Kurve liegende Punkt C um 2 Einheiten nach links verschoben. (Kurve und nicht das Polygon anklicken !)  
Dabei ist zu beobachten, in welchem Bereich die Kurven geändert werden (globale oder lokale Kontrolle)?



**Aufgabe:** Eine vorgegebene Punktfolge - A(2|1), B(1|2,5), C(2|4,5), D(0|7), E(1|8) F(1|10) - ist durch **C-Curves** zu interpolieren (oder zu approximieren).

1. Beispiel KURVE.FMZ laden
2. Layer „C-Kurven“ erstellen und aktiv setzen
3. Objekte im Layer „Kurven“ verbergen

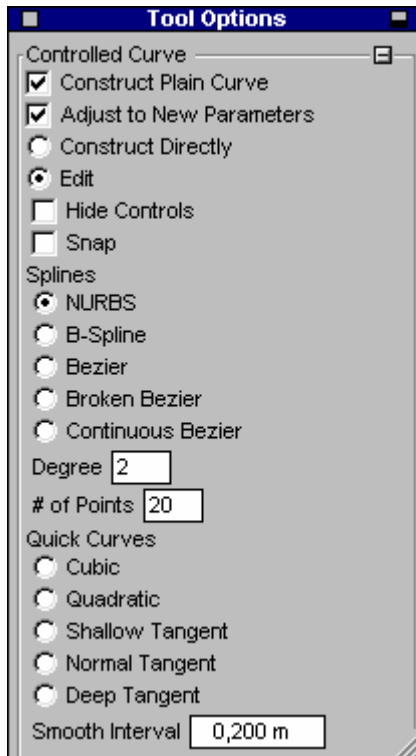




4. Mit dem Werkzeug **C-Curve** (7a) folgende Kurven konstruieren:

- **Nurbs** (Grad 2, 20 Punkte)
- **B-Spline** (Grad 3, 20 Punkte)
- **Quick Curves, Cubic** (Smooth Intervall 0,5)
- **Quick Curves, Quadratic** (Smooth Intervall 0,2)

dabei jeweils das Kontrollpolygon anklicken und mit Doppelklick fertig stellen.

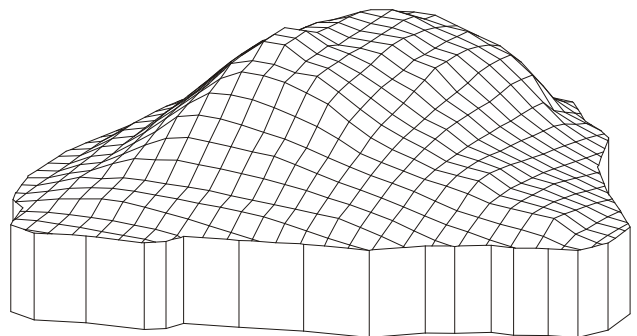


#### Hinweise:

- Während der Konstruktion können Gewichte, Knotenpunkte, Kontrollpunkte und Kontrollsegmente verändert werden (**Edit** muss dabei aktiviert sein)  
Beachte dabei die verschiedenen Cursorformen.
- Mit dem Werkzeug **C-Curves** können nachträglich der Kurventyp und die „Feinheit“ der Kurven (Anzahl der Punkte bzw. Smooth Intervall) geändert werden (**Adjust to New Parameters** muss dazu aktiviert sein).
- Die Komplexität (und damit die Anzahl der Formparameter) nimmt „von oben (= NURBS) nach unten (= Deep Tangent)“ ab.
- Der Wert **Smooth Intervall** gibt analog zu **Spline Resolution** die Länge der Segmente des approximierenden Polygonzuges an.

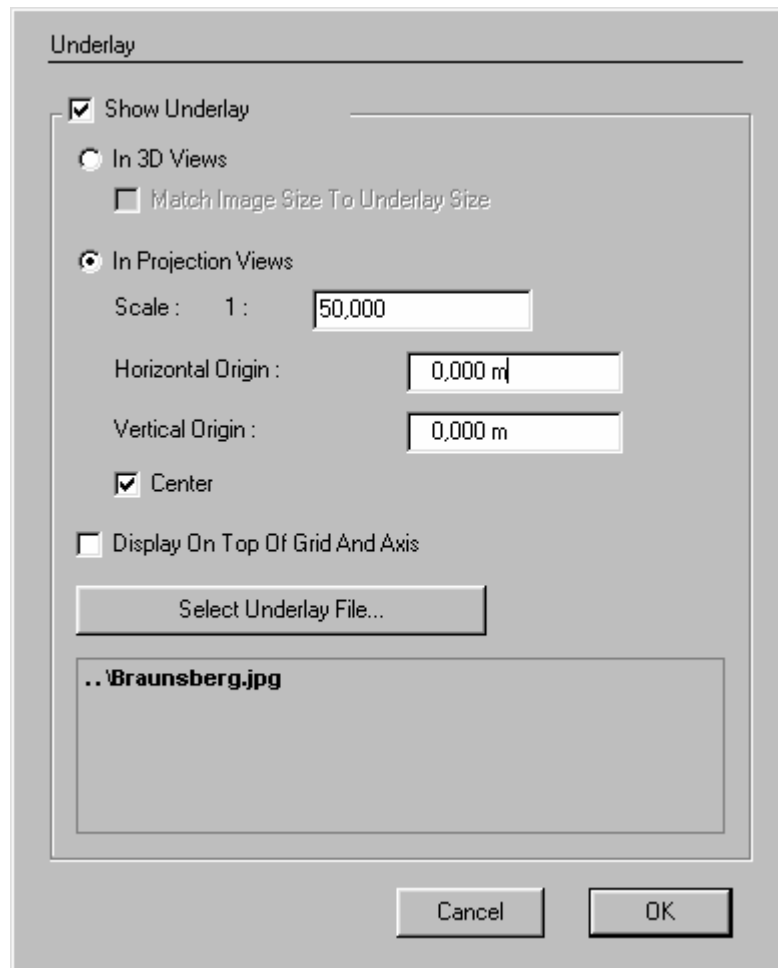
## B) Der Braunsberg bei Hainburg

**Aufgabe:** Von einem (durch Höhengschichtenlinien gegebenen) Gelände ist ein CAD-Modell herzustellen.



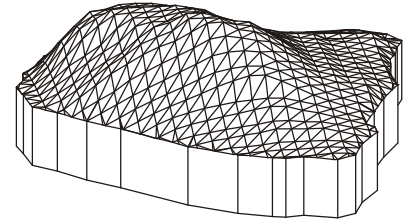
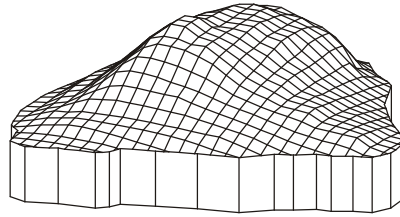
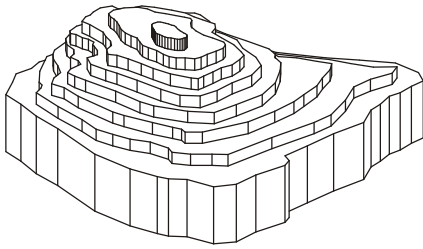
Modell des Braunsberges

1. Der als Grafik vorliegende Kartenausschnitt (BRAUNSBURG.BMP) wird als Vorlage der Zeichnung unterlegt.  
Dazu werden im Menü **Windows - Underlay** (<STRG> <U>) folgende Einstellungen vorgenommen:



2. Als Arbeitsansicht wählen wir den Grundriss (**View – Top**)
  3. Die Schichtenlinien (bis zur Höhe 200) werden nun als geschlossene kubische B-Splines (3b) konstruiert.
- Tipp:** Zum Schließen von Objekten kann das Tastenkürzel <C> verwendet werden.
4. Die Maßstabslinie (1km) einzeichnen und die unterlegte Grafik ausblenden
  5. Mittels zentrischer Ähnlichkeit passen wir nun die konstruierten Objekte einem geeigneten Maßstab an: Dazu
    - konstruieren wir über der Maßstabslinie eine Referenzlinie (10m) mit gemeinsamen Startpunkt
    - wählen alle Schichtenlinien mit Hilfe eines Zaunes aus
    - und wenden eine zentrische Ähnlichkeit (**Uniform Scale** (12a) – bei den **Scale Options** die Auswahl **Scale per Percentage (Dynamic)** treffen) auf die Höhenschichtenlinien an:  
 als Zentrum – **Base of Uniform Scale** – den gemeinsamen Anfangspunkt von Maßstabs- und Referenzlinie angeben (snaßen!)  
 dann den Endpunkt der Maßstabslinie und zum Schluß den Endpunkt der Referenzlinie angeben.
  6. Anzahl der Einzelsegmente der Schichtenlinien verringern; dazu das Werkzeug **Query** (11b) aufrufen und den Wert **Spline Resolution** auf 0,5m stellen.

## 7. Verschiedene Geländemodelle erstellen:



Schichtenmodell

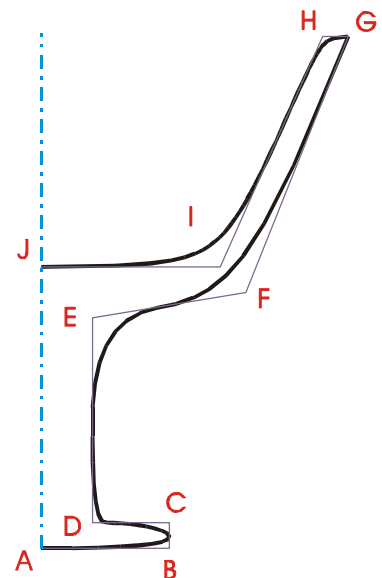
Maschenmodell

Triangulation

- Die Schichtenlinien (beginnend mit 220m) aufsteigend auswählen
- Das Werkzeug **Terrain Modeling** (5a) mit folgenden Optionen starten:  
Starthöhe – **Site (Starting) Height** - 2 (entspricht 200m)  
Höhenabstand – **Contour Heights** - 0,40 (entspricht 20m – Überhöhung!)  
Modelltyp – **Type of Model (Mesh Model)**  
Maschenabstand – **Mesh Increment** – 0,5
- Schichtenlinie 200 auswählen
- durch Rückgängigmachen des letzten Konstruktionsschrittes können verschiedene Modellvarianten und Überhöhungen getestet werden.

## C) Ein Weinglas

**Aufgabe:** Ein Weinglas ist durch Rotation einer geeigneten Meridiankurve zu erzeugen.



1. Arbeitseinheiten und Raster auf 0,5cm einstellen (**Options – Working Units, Windows – Windows Setup**)
2. Im Aufriss die Innen- bzw. Außenseite des Meridians mit zwei Polygonzügen A(0|0), B(2,5|0), C(2,5|0,5), D(1|0,5), E(1|4,5), F(4|5), G(6|10) und G, H(5,5|10), I(3,5|5,5), J(0|5,5) annähern
3. Die beiden Meridianten als **NURBS** mit dem Werkzeug **C-Curves** (7a) – Option **Edit** einstellen! – aus den Polygonzügen erzeugen.

Durch Manipulation der Gewichte und Kontrollpunkte in etwa die in obiger Abbildung vorgegebenen Kurven konstruieren.

**Tipp:** Sollte die konstruierte Kurve nicht den gewünschten Bedingungen genügen, wird der letzte Konstruktionsschritt rückgängig gemacht und die Kurve aus dem Polygonzug neu generiert. Wir verwenden hier NURBS, da wir damit die bestmögliche Kontrolle über die Kurve besitzen.



4. Durch Drehung um die z-Achse werden mit dem Werkzeug **Revolved Object** (5b) zwei Drehflächenteile erzeugt:

- Meridiankurve anklicken
- z-Achse als Drehachse auswählen
- im Dialogfenster **Revolved Object** können nun verschiedene Einstellungen für die Drehfläche getroffen werden
  - Drehwinkel 360°
  - Anzahl der Facetten (je größer, umso feiner wird die Auflösung der Breitenkreise; es steigt allerdings auch die Rechenzeit beim Rendern)

**Hinweis:** Durch Anklicken einer bereits konstruierten Drehfläche wird ebenfalls das Dialogfenster **Revolved Object** geöffnet und es können nachträglich verschiedene Parameter angepasst werden.

5. Zum weiteren Bearbeiten des Objekts können die beiden Einzelteile nun



a) zu einer Gruppe zusammengefaßt (**Group** – 8b) oder

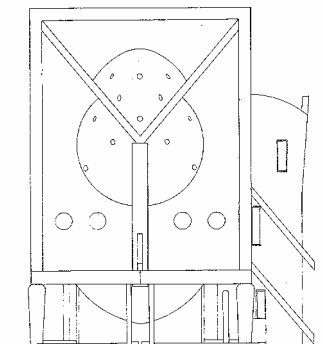


b) zu einem Objekt vereinigt (**Join** – 8b) werden.

D) "Zero cosmology" – Ein Bauwerk von Takasaki Masaharu



**Aufgabe:** Modelliere das durch Aufriss-  
skizze und Foto vorgegebene Bauwerk.



Vorschlag für den Modellierungsvorgang:

1. Meridian konstruieren

- Aufrisskizze einscannen und als digitale Vorlage verwenden (**Underlay**, vgl. Aufgabe B)

oder (falls kein gescanntes Bild vorhanden)

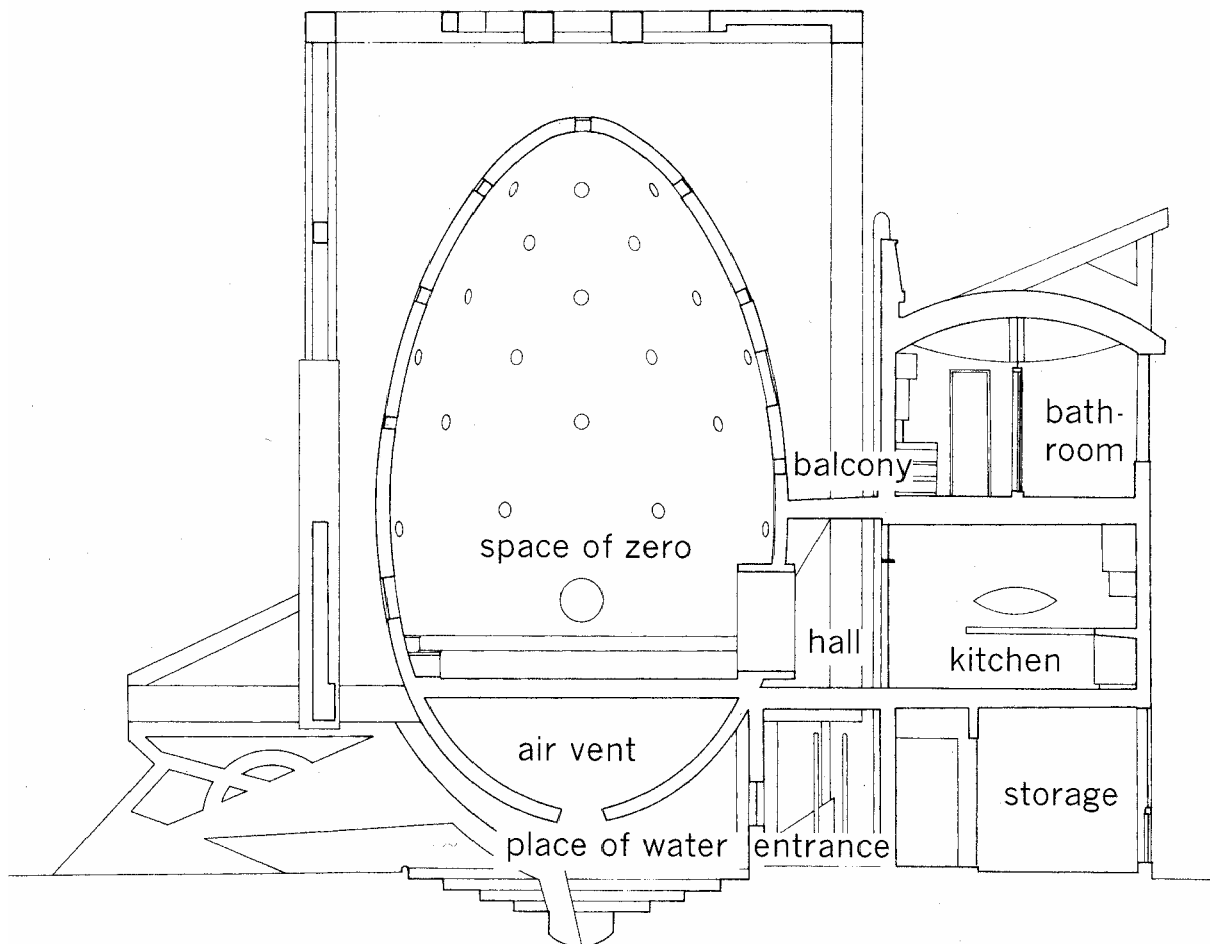
- Querschnitt (Meridian) mit Ebenen parallel zur xy-Ebene schneiden (Abstand 1cm) und die Schnittpunkte mit geeignetem Spline interpolieren

**Beachte:** Horizontale Anfangs- und Endtangenten des Halbmeridians!

2. Drehfläche erzeugen



3. Mit dem Werkzeug **Parallel** (5a) die Innen- bzw. Außenseite erzeugen (Wandstärke geeignet wählen, Option **Double Parallel (Solid)** einstellen)
4. Kreisförmige Fenster und quaderförmige Außenhülle (in etwa dem Foto entsprechend) erzeugen.



## 6.Übung

*Lehrziele: Das sollten Sie am Ende der Übung beherrschen*


- Konstruktion von Durchdringungen mit Flächenmodellen (Trim, Split und Stitch)
- Quadriken

### A) Durchdringungen von Kegel und Zylinder als Flächenmodelle - Trimming, Splitting und Stitching

In der Übung 2 haben wir Schnittpolygone (bzw. Schnittkurven) von Volumsmodellen mittels Boole'scher Operationen konstruiert. Dabei erkannte die Software, welche Teile der beteiligten Volumina erhalten bleiben, da für Volumsmodelle Innen- bzw. Außenbereiche eindeutig definiert sind. Bei Flächenmodellen versagen Boole'sche Operationen, hier kommen die Werkzeuge Trim, Split bzw. Stitch zum Einsatz:

- Die Operation **Trim** (entspricht der Boole'schen Differenz) erzeugt die Schnittkurve einer Fläche mit einer anderen Fläche; jener Flächenteil der zuerst gewählt wird, bleibt dabei erhalten.
- Die Operation **Split** zerlegt beide beteiligten Flächen längs ihrer Schnittkurven in Einzelteile, die anschließend als eigenständige Objekte (Flächen) weiter bearbeitet werden können.
- Will man zwei (aufeinander getrimmte) Flächen zu einem Stück verbinden (dies entspricht der Boole'schen Vereinigung), so muss das Werkzeug **Stitch** verwendet werden.

Anhand einer klassischen Durchdringungsaufgabe (Schnitt eines Drehzylinders mit einem Drehkegel) soll die Nutzung dieser Werkzeuge illustriert und eingeübt werden:

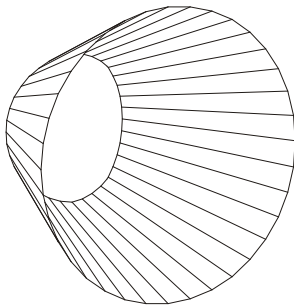
1. Drehzylinder (Werkzeug **Cylinder** (1a)) als Flächenmodell (**Closure None**) mit dem Leitkreis  $k_1$ [Mitte  $M(0|0|0)$ , Radius 3],  $k_1 \in xy$ -Ebene und Höhe 6 erzeugen
2. Drehkegel (Werkzeug **Cone** (1a)) ebenfalls als Flächenmodell mit Leitkreis  $k_2$ [Mitte  $N(0|6|3)$ , Radius 2,5],  $k_2$  parallel zur  $xz$ -Ebene, Spitze  $S(0|0|3)$  konstruieren
3.  Mit dem Werkzeug **Trim/Split** (8a) werden durch Wahl verschiedener Optionen im Fenster **Tool Options** einzelne Flächenteile erzeugt:

Merksatz: "Der jeweils angeklickte Teil der Flächen bleibt übrig."



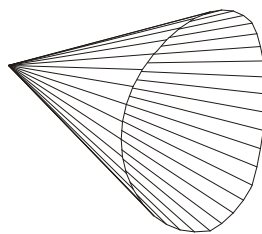


Bei der Einstellung **Trim** erhalten wir je nach Reihenfolge und Anklickpunkt auf der Fläche verschiedene Ergebnisse:



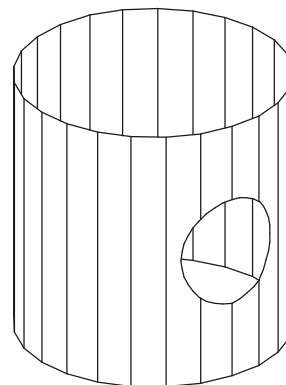
Trim: First Object

Zuerst Kegel am Leitkreis und dann Zylinder anklicken



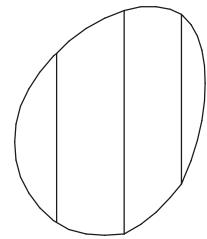
Trim: First Object

Zuerst Kegel an der Spitze und dann Zylinder anklicken



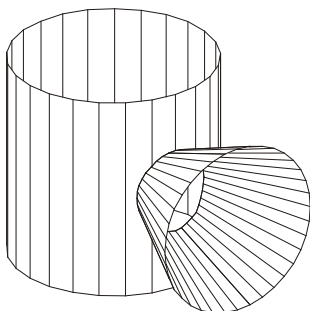
Trim: First Object

Zuerst Zylinder am Leitkreis und dann Kegel anklicken



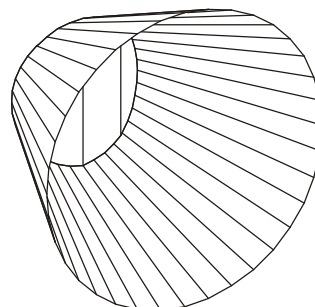
Trim: First Object

Zuerst Zylinderteil innerhalb des Kegels und dann Kegel anklicken



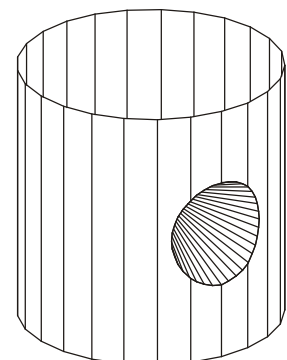
Trim: Both Objects

Kegel und Zylinder in beliebiger Reihenfolge an den Leitkreisen anklicken



Trim: Both Objects

Kegel am Leitkreis und Zylinder innerhalb des Kegels in beliebiger Reihenfolge anklicken



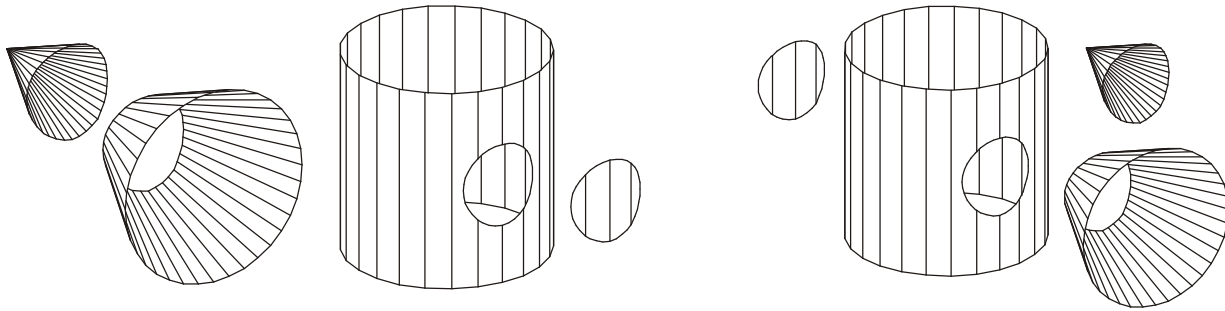
Trim: Both Objects

Kegel an der Spitze und Zylinder außerhalb des Kegels in beliebiger Reihenfolge anklicken

Die dabei entstehenden Einzelteile können getrennt weiter bearbeitet werden.



Die Operation **Split** zerlegt eine oder beide Flächen längs der Schnittkurve in Einzelteile, die in den folgenden Abbildungen (zur besseren Veranschaulichung) jeweils noch verschoben wurden:



Split: First Object

Kegel und dann  
Zylinder anklicken

Split: First Object

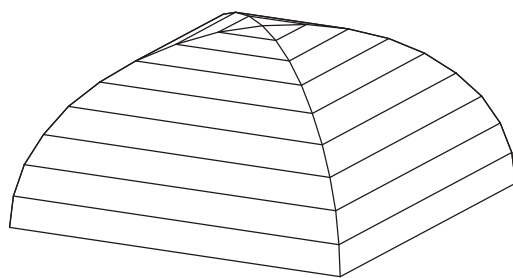
Zylinder und dann  
Kegel anklicken

Split: Both Objects

Zylinder und Kegel in beliebiger Reihenfolge  
anklicken

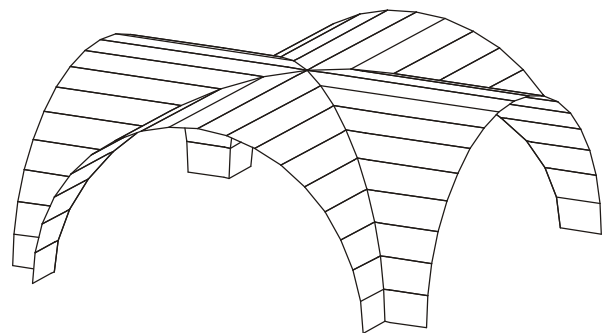
Die dabei entstehenden Einzelobjekte können mit dem Werkzeug **Stitch** zu einem Objekt zusammen geheftet werden.


Als einfaches Anwendungsbeispiel konstruieren wir Modelle von Kreuz- und Klostergewölben:



Klostergewölbe

Kreuzgewölbe

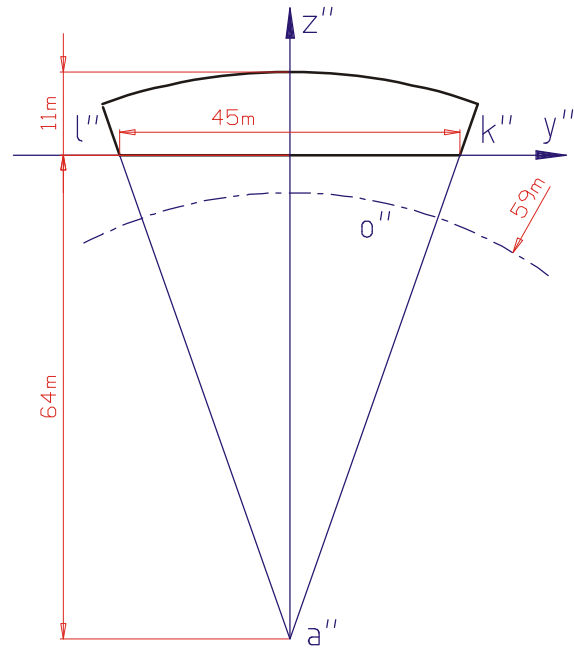


1. Über der Referenzebene yz wird ein Drehzylinder (Drehachse = x-Achse, Radius = 4m, Höhe = 10m) als Flächenmodell (**Closure None**) erzeugt.
2. Drehzylinder so längs x verschieben, dass die yz-Ebene eine Symmetrieebene des Objekts wird.
3. Halbzylinder erzeugen, indem man den Zylinder mit einem Rechteck (Ecken (6|6|0) und (-6|-6|0)) trimmt.
4. Eine Kopie dieses Halbzylinders durch Drehung um die z-Achse (Drehwinkel 90°) erzeugen.
5. Die Durchdringung der beiden Halbzylinder (bestehend aus zwei Ellipsenbögen) mit dem Werkzeug **Trim/Split** konstruieren (**Split Both Objects**). Dabei werden die Zylinder in insgesamt acht Teile zerlegt, wobei die vier "inneren" ein Tonnengewölbe und die vier "äußeren" ein Kreuzgewölbe bilden.
6.  Mit dem Werkzeug **Stitch** (8a) werden die "äußeren" Teile zusammen geklebt; das entstehende Kreuzgewölbe kann nun verschoben werden.
7. Die restlichen vier Innenteile zu einem Klostergewölbe zusammenfassen.

## B) Eisenbahnhalle in Tarzana (USA)

**Aufgabe:** Der über der Standebene  $\pi_1$  liegende, von den Meridiankreisen  $k$  und  $l$  berandete Teil eines Torus (Drehachse  $a$ , Mittenkreis  $o$ ) ist die Grundform einer Eisenbahnhalle in Tarzana, USA.

Modelliere die Torusschale mit formZ.



1. Der Torus wird als Flächenmodell erzeugt:

- Die  $yz$ -Ebene als Referenzebene auswählen
- Mit der Methode **Preset** (**Major Radius** = 59m; **Minor Radius X** = **Minor Radius Z** = 16m) den Torus mit dem Mittelpunkt  $M(0|0|-64)$  konstruieren; dabei achten, dass in den **Tool Options Closure** auf **None** (Flächenmodell!) und die größte Kantenlänge - **Max Edge Length** – auf 5m gesetzt ist!

2. Mit der  $xy$ -Ebene trimmen:

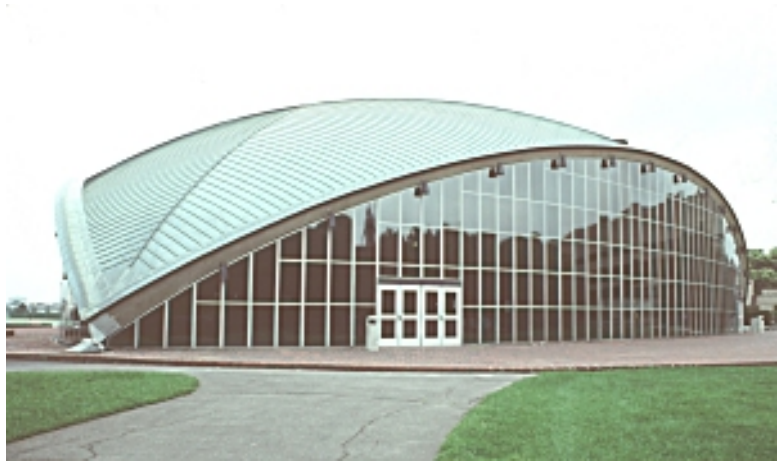
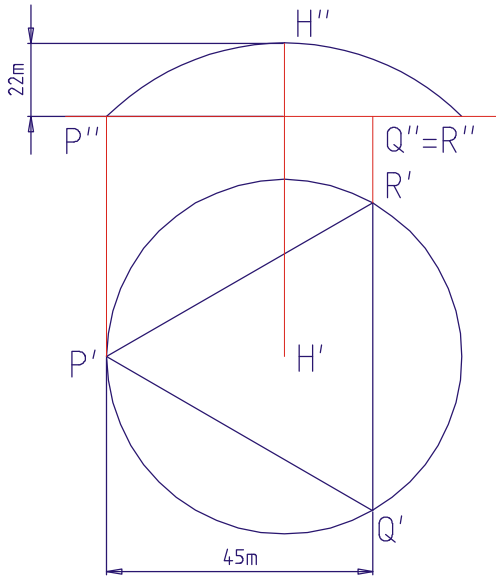
- In der  $xy$ -Ebene als Referenzebene ein genügend großes Rechteck konstruieren und den Torus mit diesem Rechteck trimmen (Option: **Trim First Object**; zuerst Torus in der Nähe der positiven  $z$ -Achse und dann das Rechteck anklicken).

3. Schnitt mit den zweitprojizierenden Ebenen  $\alpha$  und  $\beta$ :

- In der  $zx$ -Ebene ein Rechteck mit gegenüberliegenden Eckpunkten  $(-20|0|15)$  und  $(20|0|-64)$  konstruieren; die tiefer liegende Kante dieses Rechtecks liegt in der Drehachse  $a$  des Torus
- Das Rechteck (im Aufriss) um die Drehachse  $a$  des Torus in die Ebene  $\alpha$  drehen;  
für die Festlegung des Drehwinkels (Rotation Angle) den Koordinatenursprung und den Punkt  $P(0|22,5|0)$  verwenden.
- Eine Kopie des Rechtecks an der  $zx$ -Ebene spiegeln.
- Den Torusteil mit den beiden Rechtecken trimmen.

### C) Auditorium des MIT (Cambridge - USA)

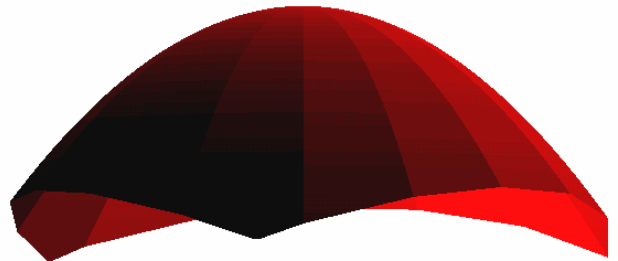
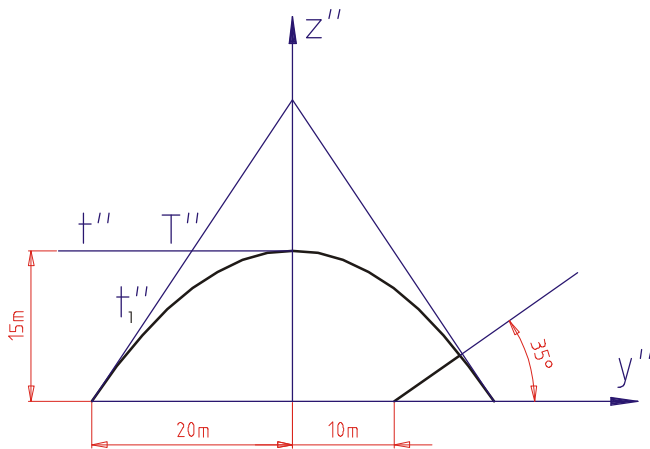
**Aufgabe:** Die Überdachung des Auditorium Maximums des MIT (Masachusetts Institutes of Technology) wird von drei erstprojizierenden Drehzylindern aus einer Kugel ausgeschnitten. Die Schnittpunkte P, Q und R der Zylinderachsen mit der Standebene  $\pi_1$  bilden ein gleichseitiges Dreieck, dessen Umkreis der Kugel angehört. Die Stichhöhe (maximaler Abstand eines Kugelpunktes von  $\pi_1$ ) ist 22m.



1. Der Höhenschnittpunkt in einem gleichseitigen Dreieck teilt die Höhe im Verhältnis 2:1; daher können die Punkte P, Q und R als Eckpunkte eines gleichseitigen Dreiecks mit dem Werkzeug **Polygon** (3a) einfach festgelegt werden.
2. Der höchste Punkt H der Kugel wird als Endpunkt einer Strecke auf der z-Achse festgelegt (Werkzeug **Segment** (3b) – Strecke (0|0|0) – (0|0|22))
3. Die Kugel (1a) wird nun als Flächenmodell (**Closure None**) aus den vier Angabepunkten P, Q, R und H (Snapfunktion **Endpoint** einstellen) erzeugt.
4. Da nur der über  $\pi_1$  liegende Teil der Kugel für die Überdachung relevant ist, wird die Kugel mit einem in  $\pi_1$  liegenden Rechteck getrimmt (Option **First**). Konstruktion des Rechtecks im Grundriss!
5. Die erstprojizierenden Drehzylinder (Mittelpunkte der Leitkreise sind jeweils die Ecken des Angabedreiecks) werden mit der Kugelkappe getrimmt; da die drehzylindrischen Seitenflächen erhalten bleiben sollen, wird die Option **Both Objects** ausgewählt, wobei jeweils die Kugel in der Nähe des Punktes H und die Zylinder am Basiskreis angeklickt werden müssen.

## D) Planetarium der Stadt Bochum (BRD)

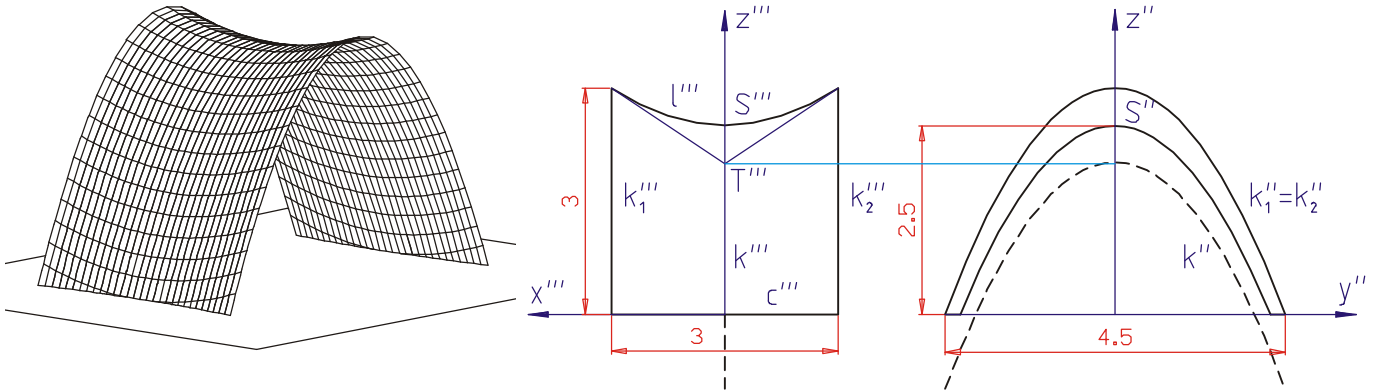
**Aufgabe:** Die Überdachung des Planetariums von Bochum ist Teil eines Drehparaboloids mit lotrechter Achse  $a$ , an dem die Schnitte von drei gegen die Standebene  $\pi_1$  gleich geneigten Ebenen auftreten.



- In der  $yz$ -Ebene eine Parabel  $m$  mit dem Werkzeug **Spline, Quadratic Bezier** als Halbmeridian der Drehfläche erzeugen (**Spline Resolution** beachten):
  - Anfangstangente  $t_1$  als Linie - von  $(0|-20|0)$  nach  $(0|0|30)$  - einzeichnen
  - Tangente  $t$  im höchsten Punkt - von  $(0|0|15)$  nach  $(0|-20|15)$  - zeichnen
  - nun den Punkt  $(0|-20|0)$  als Startpunkt
  - den Schnittpunkt  $T$  der Linien  $t$  und  $t_1$  als Punkt der Anfangs- und Endtangente und
  - Punkt  $(0|0|15)$  als Endpunkt wählen
- Mit Hilfe dieses Meridians wird das Drehparaboloid erzeugt (Werkzeug **Revolved Object** (5b) - Anzahl der Facetten geeignet wählen) und als **Nurbz**-Fläche dargestellt (in den **Tool Options** als **Model Type Smooth** wählen und bei den **Smooth Options Construct As Nurbz** aktivieren).
- In der Ebene  $y = 10$  (Referenzebene!) ein geeignetes Rechteck (Eckpunkte  $(-25|10|20)$  und  $(25|10|0)$ ) erzeugen und um die zur  $x$ -Achse parallele Gerade  $e$  drehen - Drehwinkel  $-65^\circ$ .  
Zur Drehung die  $yz$ -Ebene als Referenzebene verwenden.
- Je eine Kopie dieses Rechtecks um die  $z$ -Achse (Drehwinkel  $120^\circ$  bzw.  $240^\circ$ ) verdrehen (Referenzebene ist hier die  $xy$ -Ebene) und das Drehparaboloid mit den drei Rechtecken trimmen.

## E) HP-Schale (Mexico City – Mexico)

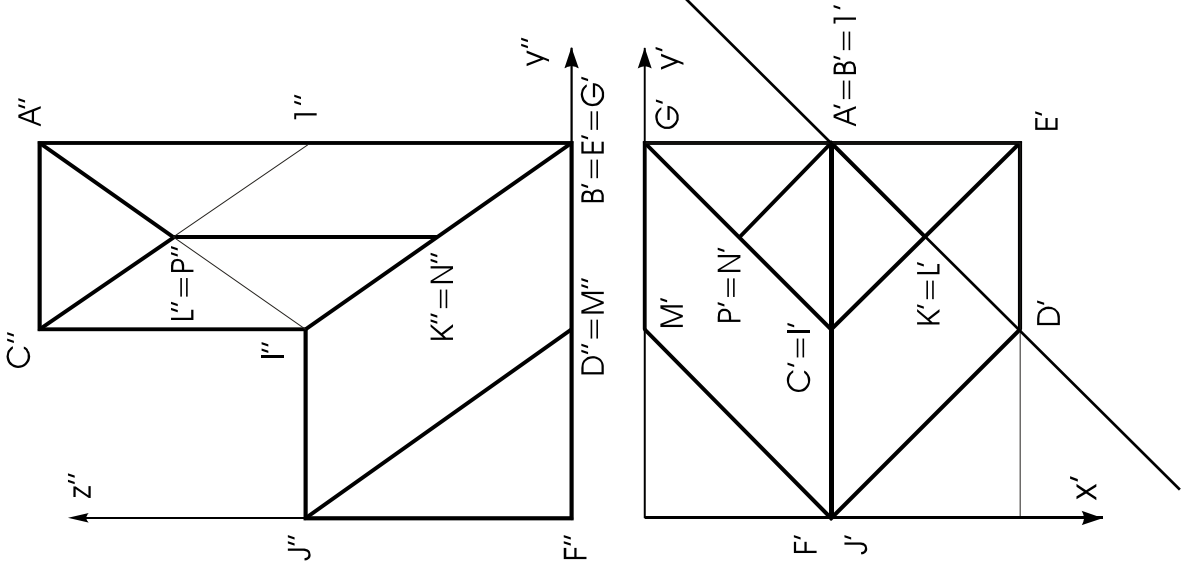
**Aufgabe:** Die zu den Koordinatenebenen yz und xz symmetrische HP-Schale mit dem Scheitel S wird von den Parabeln  $k_1$  und  $k_2$  berandet; der untere Rand c der Schale verläuft in der xy-Ebene.



- In der yz-Ebene eine Parabel  $k$  mit dem Werkzeug **Spline, Quadratic Bezier** erzeugen (**Spline Resolution** beachten):
  - Punkt  $(0|-2,25|0)$  als Startpunkt
  - Punkt  $(0|0|6)$  als Schnittpunkt von Anfangs- und Endtangente und
  - Punkt  $(0|2,25|0)$  als Endpunkt wählen
- Zur Erzeugung der Randparabeln  $k_1$  und  $k_2$  je eine Kopie dieses Parabelbogens längs der x-Achse verschieben (Schiebstrecke 1,5m).
- Da die ebenen Schnitte der HP-Fläche parallel zur zx-Ebene ebenfalls Parabeln ergeben und da der zweite "Angabepunkt" eines quadratischen B-Splines in formZ immer der Schnittpunkt T der Anfangstangente mit der Tangente im dritten Datenpunkt ist, muss die Parabel  $k$  längs der z-Achse um **1m** (!) nach unten verschoben werden (vgl. Angabeskizze).
- Die Parabelbögen  $k_1$ ,  $k$  und  $k_2$  markieren und mit dem Werkzeug **C-Mesh** (7a) die HP-Schale erzeugen:
  - in den **Tool Options** die Anzahl der Maschen (in den Bereichen **Mesh Length** und **Mesh Depth** die **# of Segments** auf 30 stellen) festlegen und **Construct Directly** auswählen
  - durch beliebigen Mausklick im Graphikfenster das Generieren der Fläche einleiten
- Zur Erzeugung der Randkurve  $c$  in der xy-Ebene wird die Fläche mit einem genügend groß gewähltem Rechteck getrimmt.

*Das effiziente Modellieren von komplexeren Flächenformen wie NurbZ, Sweep- und Skinflächen und das unterstützende Arbeiten mit formZ bei der Ausführung von Architekturprojekten wird im Wahlfach "CAAD und Geometrie" (gemeinsam mit dem IEMAR - Prof. Frank-Oberaspach, Dr. Ferschin) erarbeitet.*

Durchschnittsverfahren der Perspektive



Augpunkt O(8 | 13 | 5,5)

H

