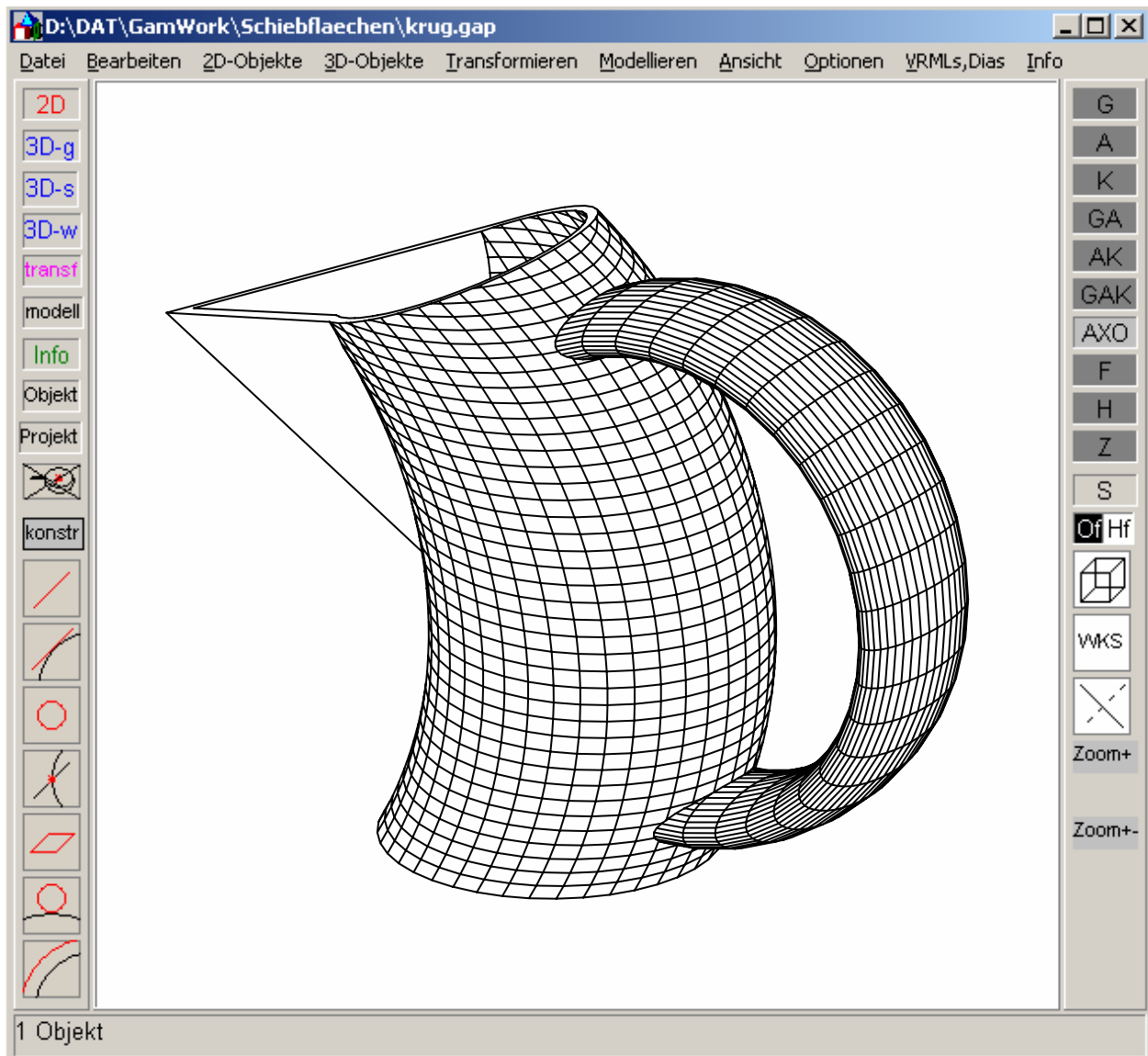


# GAM



**G** enerieren  
**A** bbilden  
**M** odellieren

dreidimensionaler Objekte

# Inhaltsverzeichnis

ALLGEMEINES.....	4
ZIELSETZUNGEN .....	4
OBJEKTE .....	4
Interne Objekte.....	4
Externe Objekte.....	5
PROJEKTE .....	6
PROGRAMMFENSTER .....	6
PROGRAMMBEDIENUNG .....	7
Abbrechen eines Befehls (<esc>).....	7
Wiederholen des letzten Befehles (<Strg><Y>) .....	7
History .....	7
Hilfreiches.....	7
Verknüpfung von GAM.EXE mit dem Dateityp *.GAP.....	8
Einfügen per Drag & Drop.....	8
Nutzen der Zwischenablage von Windows .....	8
Objektwahl.....	8
Wahl einer Kante oder Strecke .....	8
Wahl einer projizierenden Strecke .....	8
Wahl einer Seitenfläche bzw. Ebene .....	9
Wahl einer projizierenden Ebene .....	9
Punktfang .....	9
Erweiterter Punktfang .....	9
Wahl eines Objektes.....	9
Benutzerkoordinatensysteme. ....	9
Programmdateien .....	9
TRANSFORMATIONEN .....	10
Skalieren (x,y,z) .....	10
Verschieben.....	10
Drehen um eine Achse .....	10
Spiegeln an Ebene .....	11
Bewegen.....	11
Scherung .....	11
Skalieren(x,y).....	12
Zentrische Streckung.....	12
Transformation Matrix 3x3 .....	13
Taschenrechner .....	13
ABBILDEN .....	14
Ändern der Einstellungen.....	14
Seitenrisse .....	14
Zentralrisse.....	14
Interaktive Änderung von Abbildungseinstellungen.....	14
MODELLIEREN .....	15
BOOLEsche Operationen.....	15
VEREINIGUNG, DURCHSCHNITT, DIFFERENZ .....	15
BOHRUNGEN.....	15
FASEN .....	16
Alle SCHNITTELEMENTE .....	16
Kante(n), Fläche(n) entfernen .....	17
Trennen, ebener Schnitt .....	17
Anmerkungen.....	17
Arbeiten mit GAM an Hand von Beispielen .....	18
STADTTOR.....	18
Palast der Winde .....	19
Experiment mit Fünfecken.....	20
Globus.....	21
KEGELSCHNITTE .....	21
KIRCHE.....	22
DACHRINNE .....	23
Kette.....	24
Vision im Hochbau .....	25
NETZKONSTRUKTIONEN .....	27

VARIANTEN Konstruktion im CAD Verwenden von VARIABLEN in GAM .....	27
Animationen mit GAM, Bereichsvariable .....	29
HP - Flächen .....	30
Schiefe Axonometrie.....	32
HAUPTMENÜ .....	33
Menü DATEI .....	33
Menü Bearbeiten .....	37
Konstruieren.....	38
Menü 2D-Objekte .....	41
Menü 3D-Objekte .....	43
Menü Transformieren .....	52
Menü Modellieren.....	52
Menü Ansicht.....	52
Menü Optionen .....	53
Menü VRMLs, Dias.....	54
Menü Info.....	54
GAM im Unterricht.....	55
GAM im GZ- bzw. DG – Unterricht.....	55
GAM im Gegenstand Mathematik .....	55
GAM im Gegenstand WERKEN .....	55
GAM im Gegenstand Bildnerische Erziehung.....	56

## ALLGEMEINES

Das 3D-CAD Programm GAM stellt ähnlich einem Baukasten geometrische GRUND-KÖRPER zur Verfügung, die zunächst in ein festes räumliches KOORDINATENSYSTEM eingefügt werden und dann mittels TRANSFORMATIONEN beliebig im Raum positioniert werden und verändert werden können. Alle Objekte sind ebenflächig begrenzt. Ein Drehzylinder wird z.B. durch ein 40-seitiges regelmäßiges Prisma angenähert. Die üblichen Abbildungsverfahren – GRUNDRISS, AUFRISS, KREUZRISS, NORMALE AXONOMETRIE, FRONTALRISS, HORIZONTALRISS, ZENTRALRISS (Perspektive), Grund- und Aufriss, Auf- und Kreuzriss, Grund-, Auf- und Kreuzriss – stehen zur Verfügung. Es besteht auch die Möglichkeit, Seitenrisse mit beliebiger Projektionsrichtung zu zeichnen. Auf Wunsch kann bei der Darstellung die Sichtbarkeit von Objektkanten berücksichtigt werden. Die Zeichnung kann maßstäblich gedruckt werden.

GAM kann Objekte als DRAHT-, FLÄCHEN- und VOLUMENMODELLE erzeugen und bearbeiten. Auf zwei Volumenmodelle können BOOLEsche Operationen angewendet werden, d.h. es kann die VEREINIGUNG, DURCHSCHNITT oder die DIFFERENZ zweier Objekte bestimmt werden. Solcherart „modellerte“ Objekte lassen sich als „Bausteine“ speichern und bei späterer Gelegenheit in ein Projekt einfügen. Von beliebig vielen Objekten kann außerdem die Menge aller Schnittpunkte und Schnittstrecken bestimmt werden.

GAM enthält einen KONSTRUKTIONSMODUL, in dem viele im Raum übliche geometrische Konstruktionsmethoden enthalten sind.

## ZIELSETZUNGEN

GAM kennt zwar die typischen Arbeitsweisen und Möglichkeiten professioneller CAD-Programme, Hauptanliegen ist aber, den modernen GZ- bzw. DG - Unterrichtes an allen Schultypen und für alle Altersstufen zu unterstützen. Folgende Zielsetzungen haben mich bei der Programmentwicklung geleitet.

- Fördern und Fordern des räumlichen Vorstellungsvermögens
- Fördern des konstruktiven Raumdenkens

- Schnelles Erlernen der Bedienung des Programms
- Einfache Installation am PC oder im Netz
- Programmgröße in Grenzen halten. Derzeit etwa 1.2 MB (komprimiert) für alle benötigten Dateien
- Einführen in die Arbeitsweise von CAD-3D Programmen

## OBJEKTE

GAM kennt INTERNE und EXTERNE Objekte.

### Interne Objekte

Die PUNKTE-, KANTEN- und FLÄCHENLISTEN, die zur Darstellung eines ebenflächig begrenzten 3D-Objektes nötig sind, werden programmintern erzeugt. Auf sie wird durch Namen Bezug genommen. In der folgenden Liste finden sich die Namen aller internen Objekte versehen mit einem Kurzkomentar. Siehe auch Menüpunkt *Bearbeiten – Protokoll – editieren* das mit „Objekte“ beschriftete Listenfeld.

EW Würfel (1x1x1)  
W Würfel, M = Ursprung  
QP quadratische Pyramide (1x1x1)  
QPZ quadr. Pyramide, Höhe auf z-Achse  
KWZ Würfel, Raumdiagonale auf z-Achse  
KWY Würfel, Raumdiagonale auf y-Achse  
EK Einheitskeil  
PRnGm regelm. Prisma, n Seiten, m Grundflächen  
PYnGm regelm. Pyramide

HX Haus mit Satteldach (1x1x1.5),  
First // x-Achse)  
HY Haus mit Satteldach (1x1x1.5),  
First // y-Achse)  
WALMX Haus mit Walmdach (2x1x1.5)  
WALMY Haus mit Walmdach (1x2x1.5)  
STUFE (Länge = 100)

DZ2 Drehzylinder (r=1,h=1)  
DZ1 Drehzylinder (r=1,h=1,Dose)  
DZ0 Drehzylinder (r=1,h=1,Mantel)  
DK1 Drehkegel (r=1,h=1)  
DK0 Drehkegel (r=1,h=1,Mantel)

KUGEL40 Kugel (r=1,40 Meridiane)  
KUGEL Kugel (=KUGEL40)  
KUGELn Kugel(r=1, n Meridiane)  
HKU40G1 Halbkugel (r=1)  
HKU40G0 Halbkugel (r=1,Schale)

HKUnG1 Halbkugel ( $r=1$ ,  $n$  Meridiane)  
 HKUnG0 Halbkugel ( $r=1$ , Schale)  
 PARA40G1 Drehparaboloid  
 PARA40G0 Drehparaboloid (Schale)  
 PARAnGm Drehparaboloid

QXY Quadrat in  $[xy]$ -Ebene ( $1 \times 1$ )  
 QYZ Quadrat in  $[yz]$ -Ebene ( $1 \times 1$ )  
 QXZ Quadrat in  $[xz]$ -Ebene ( $1 \times 1$ )  
 POLY6 regelm. Sechseck ( $r=1$ )  
 POLYn regelm.  $n$ -Eck ( $r=1$ )  
 KXY Kreis in  $[xy]$ -Ebene ( $r=1$ )  
 KYZ Kreis in  $[yz]$ -Ebene ( $r=1$ )  
 KXZ Kreis in  $[xz]$ -Ebene ( $r=1$ )

EX Einheitsstrecke auf x-Achse  
 EY Einheitsstrecke auf y-Achse  
 EZ Einheitsstrecke auf z-Achse

STRECKE  
 PUNKT Koordinaten  $(x, y, z)$   
 RASTER in  $[xy]$ -Ebene  
 RASTER in  $[yz]$ -Ebene  
 RASTER in  $[xz]$ -Ebene  
 KA Koordinatenachsen  
 KE Koordinatenebenen

TETRAEDER Kantenlänge = 1  
 HEXAEDER  
 OKTAEDER  
 DODEKAEDER  
 IKOSAEDER  
 TORUS

KURVE Raumkurve  $x=x(t)$ ,  $y=y(t)$ ,  $z=z(t)$   
 DREHFLAECHE Drehachse z-Achse  
 FLAECHE  $z = f(x, y)$   
 FLAECHEUV  $x = x(u, v)$ ,  $y = y(u, v)$ ,  $z = z(u, v)$   
 ZYLINDERFLAECHE allg. Zylinder-,  
 Prismenfläche

KEGELFLAECHE allg. Kegel-,  
 Pyramidenfläche

SCHIEBFLAECHE  
 SCHRAUBFLAECHE  
 ROHRFLAECHE Mittenkurve, Querschnitt  
 reg. Polygon

KONOID Regelfläche, Leitkurven  $c_1$ ,  $c_2$ ,  
 Richtebene

TORSE Regelfläche, Gratlinie  $c_1$

PXY0 Parabel in  $[xy]$ -Ebene,  $w=h=1$

PYZ0 Parabel in  $[yz]$ -Ebene,  $w=h=1$

PXZ0 Parabel in  $[xz]$ -Ebene,  $w=h=1$

PXY1 Parabelsegment in  $[xy]$ -Ebene,  $w=h=1$

PYZ1 Parabelsegment in  $[yz]$ -Ebene,  $w=h=1$

PXZ1 Parabelsegment in  $[xz]$ -Ebene,  $w=h=1$

SEGMENT Kreissegment oder Kreisbogen

SEKTOR Kreissektor oder Kreisbogen

## Externe Objekte

Die Daten eines Objektes (internes Objekt, verändertes oder modelliertes Objekt) können mit dem Menüpunkt *Datei – Objekt speichern unter...* als Datei gespeichert werden. Die Datei ist eine Textdatei und kann mit jedem Textverarbeitungsprogramm gelesen (und auch verändert) werden. Die Dateierweiterung wird dabei automatisch mit *.gap* gesetzt. Solche Projektdateien können mit dem Menüpunkt *Datei – Öffnen(Hinzufügen)* eingelesen werden.

Speichert man z.B. die Daten eines Quaders mit den Abmessungen  $56 \times 30 \times 80$  unter dem Namen QUADER, wird die folgende Textdatei erzeugt.

```
QUADER schwarz
QUADER erzeugt von GAMV13e
konvex nichtmodelliert
28.0 15.0 40.0
8
0.0 0.0 0.0
56.0 0.0 0.0
56.0 30.0 0.0
0.0 30.0 0.0
0.0 0.0 80.0
56.0 0.0 80.0
56.0 30.0 80.0
0.0 30.0 80.0
12
2 1
2 3
3 4
4 1
5 6
6 7
7 8
8 5
5 1
2 6
3 7
4 8
6 hellrot
4 hellrot
1
2
3
4
4 hellrot
5
6
7
8
4 hellrot
9
1
5
10
4 hellrot
2
11
```

```

6
10
4 hellrot
3
12
7
11
4 hellrot
4
9
8
12

```

Die Bedeutung der einzelnen Zeilen ergibt sich fast von selbst.

1. Zeile: QUADER Dateiname
  2. Zeile: Beginn der Objektdaten
  3. Zeile: Objekttyp (konvex, nichtkonvex bzw. modelliert, nichtmodelliert)
  4. Zeile: Koordinaten eines „inneren“ Punktes
  5. Zeile: 8 Anzahl der Objektpunkte
  6. Zeile: es folgen 8 Koordinatentripel
  14. Zeile: 12 Anzahl der Kanten
  15. Zeile: 2 1 Es folgen 12 Nummernpaare, die angeben, welche Punkte durch Kanten verbunden sind.
  27. Zeile: 6 hellrot Anzahl der Seitenflächen, Objektfarbe
  28. Zeile: 4 hellrot Anzahl der Kanten in der 1. Seitenfläche, ihre Farbe
  29. Zeile: es folgen 4 Kantennummern (sie bilden die 1. Seitenfläche)
- usw.

Ein externes Objekt besteht aus mindestens 1 Kante. Gibt es keine Seitenflächen, ist die Anzahl der Seitenflächen mit 0 anzugeben.

Der „innere“ Punkt hat nur für Volumenmodelle Bedeutung. Ein solcher muss aber stets angegeben werden.

Die Eigenschaften „konvex“ bzw. „modelliert“ sind kennzeichnend für Volumenmodelle. Ein Volumenmodell legt einen Teilraum fest, der allseitig von ebenen Flächen begrenzt ist. Der „innere“ Punkt legt das „Innere“ des Objektes fest.

GAM verwendet folgende Standardfarben:

schwarz, rot, grün, oliv, blau, violett, blaugrau, grau, hellgrau, hellrot, hellgrün, gelb, hellblau, pink, cyan, weiß. Auch Mischfarben (RGB) können definiert und verwendet werden. Siehe Schaltfläche *Of* in der rechten Menüleiste, dann Schaltfläche *RGB*.

Siehe auch Menüpunkt *Bearbeiten – Protokoll – editieren* das mit „Farben“ beschriftete Listenfeld.

## PROJEKTE

Mit den Menüpunkten *2D-Objekte*, *3D-Objekte*, *Datei-Öffnen* können mehrere Objekte zu einem PROJEKT zusammengefasst werden. Die einzelnen Objekte des Projekts können mit dem Menüpunkt *Transformieren* beliebig im Raum positioniert werden (Kongruenztransformationen) oder ihre Größe oder Gestalt verändert werden. Die Namen der verwendeten internen und externen Objekte, der Transformationen und die Werte der Parameter werden in einem PROTOKOLL festgehalten. Dieses Protokoll kann mit dem Menüpunkt *Bearbeiten – Protokoll – editieren* eingesehen und auch bearbeitet werden. Zur Vereinfachung stehen im Programmfenster für diesen Menüpunkt die Listen „Objekte“, „Farbe“, „Transformationen“ und „Funktionen“ zur Verfügung. Statt Eingeben eines Objektnamens, einer Farbe oder einer Transformation oder Funktion mit der Tastatur, kann der entsprechende Eintrag aus der jeweiligen Liste per Mausklick gewählt werden. Im Protokoll kann auch eine KOMMENTARZEILE eingefügt werden. Sie beginnt mit einem einfachen Anführungszeichen (').

Ein Projekt kann mit *Datei – Projekt speichern* (bzw. *Projekt speichern unter*) gespeichert werden. Als Dateiendung wird automatisch *.gap* verwendet. Die Datei enthält zuerst die Zeilen des Protokolls (Liste der beteiligten Objekte, Transformationen), dann nach einer Trennzeile „\*\*\*\*\*“ die Liste eventuell vorhandener Variablen (siehe Kapitel Variantenkonstruktionen), dann die Daten der beteiligten modellierten Objekte im Sinne des Beispiels QUADER.

Projekte können mit dem Menüpunkt *Datei – Öffnen(Hinzufügen)*, eingelesen werden, verändert und ergänzt werden.

## PROGRAMMFENSTER

Bei der Gestaltung des Programmfensters – siehe Titelblatt - wurde bewusst auf die Möglichkeit des Einblendens vieler Symbolleisten etc. verzichtet.

Die TITELZEILE enthält Pfad und Dateinamen der letzten Speicherung des aktuellen Projektes bzw. den Hinweis „neues Projekt“.

### HAUPTMENÜ

Die einzelnen Menüpunkte werden später beschrieben. Die meisten Menüpunkte des

Hauptmenüs sind schneller über die Schaltflächen der linken und rechten Menüleiste erreichbar. Diese können mit *Optionen – flyups* so eingestellt werden, dass sich die zugehörigen Auswahlfenster öffnen, wenn die Maus über die Schaltfläche bewegt wird.

**ZEICHENFLÄCHE.** Das Bild wird stets an die Größe der Zeichenfläche angepasst.

Die **STATUSZEILE** am unteren Rand enthält Informationen bzw. Hinweise zum nächsten Arbeitsschritt.

Am rechten Rand befinden sich die Schaltflächen für die **ABBILDUNGEN**. Sie lassen sich der Reihe nach auch mit den Tasten 1, 2, 3,..., 9 und 0 aktivieren.

Die Schaltfläche **S** gestattet die Auswahl von Seitenrissverfahren.

Die Schaltfläche **Of** gestattet die Auswahl einer **OBJEKTFARBE**.

Die Schaltfläche **Hf** gestattet die Auswahl einer **HINTERGRUNDFARBE**.

Mit der Schaltfläche **WKS** hat man die Möglichkeit aus 4 Darstellungen des Welt-Koordinatensystems, u.a. mit Achsen - beschriftungen, zu wählen.

Darunter befinden sich Schaltflächen für die **SICHTBARKEIT** und für die Wahl zwischen zwei **STRICHSTÄRKEN**.

## PROGRAMMBEDIENUNG

Auf die windowsübliche Steuerung des Programms, des Hauptmenüs und der Eingabefenster wird hier nicht eingegangen.

### Abbrechen eines Befehls (<esc>)

Der gerade aktuelle Befehl kann mit der <esc> Taste abgebrochen werden.

### Wiederholen des letzten Befehles (<Strg><Y>)

Der zuletzt aktiv gewesene Befehl kann wiederholt werden. Menüpunkt *Bearbeiten – letzten Befehl wiederholen*.

### History

Wird ein Protokoll verändert, wird das alte Protokoll gespeichert. Auf diese Weise lassen sich alle Stationen der Generierung eines Projektes wiederherstellen. Menüpunkte *Bearbeiten – zurück (<Strg><Z>)*, *Bearbeiten – nach vor (<Strg><R>)*, *Bearbeiten – zurück an den Anfang (<Strg><A>)*, *Lesezeichen*. Als Veränderung gilt nicht: Ändern Seitenflächenfarbe, Ändern der Abbildung.

## Hilfreiches

Aus Übersichtlichkeitsgründen können ein oder mehrere Objekte ausgeblendet und später wieder eingeblendet werden.

Hilfreiche Menüpunkte bzw. Vorgangsweisen:  
*Bearbeiten – Objekt(e) ausblenden*,  
*Bearbeiten – alle Objekte einblenden*.

*Bearbeiten - den Rest ausblenden:*

Es werden nicht die gewählten Objekte ausgeblendet sondern die restlichen. Das erleichtert oft das Arbeiten mit vielen Objekten im Projekt.

*Bearbeiten – Objekt(e) löschen.*

*Objekt duplizieren*

Von einem Objekt kann eine Kopie hergestellt werden.

*Bearbeiten – Neuzeichnen* zeichnet das Bild neu.

Mit den Schaltflächen *zoom+*, *zoom-* bzw. mit den Tasten + , - der numerischen Tastatur kann das Bild vergrößert bzw. verkleinert werden.

Mit den Pfeiltasten oder Bewegen der Maus bei gedrückter linken Maustaste kann das Bild in alle Richtungen verschoben werden.

Rechte Maustaste in der Zeichenfläche oder Schaltfläche *zoom+-* zentriert die Zeichnung.

Der Menüpunkt *Datei – Neu* löscht das vorhandene Projekt aus dem Speicher. Neubeginn.

Im Menü *Datei* werden vor dem Menüpunkt *Ende* die Dateinamen der letzten 4 geladenen (gespeicherten) Projekte bzw. Objekte angezeigt. Sie können von dort auch geöffnet werden.

Mit dem Menüpunkt *3D-Objekte – Koordinatenachsen* werden die Koordinatenachsen als Objekt dem Projekt hinzugefügt. Die Größe kann dem Projekt angepasst werden. Der Pfeil markiert die x - Achse. Nicht vergessen – falls nicht beabsichtigt – dieses Objekt vor dem Speichern des Projektes zu entfernen.

Der Menüpunkt *Info-Neuigkeiten* listet die Neuerungen der jeweiligen Version auf.

Der Menüpunkt *Info – Info* bietet ein HTML – Dokument als Informationsquelle.

Mit dem Menüpunkt *Optionen – English* kann auf Betrieb in englischer Sprache umgeschaltet werden. Warum nicht einmal eine Unterrichtsstunde in DG in Englisch!

Mit dem Menüpunkt *Optionen – amerikanische Anordnung (GAK)* können die kombinierten Ansichten Grund- und Aufriss usw. in der amerikanischen Anordnung angezeigt werden.

### Verknüpfung von GAM.EXE mit dem Dateityp \*.GAP

GAM lässt sich durch Doppelklick auf eine Projektdatei (*name.gap*) starten, wenn im Betriebssystem dem Dateityp *\*.gap* bzw. als auszuführendes Programm GAM.EXE (mit Parameter %1) zugeordnet wurde. Unter WinNT kann dies über das Symbol Arbeitsplatz mit *Ansicht – Optionen – Dateitypen* erreicht werden. Bei den anderen Windowsplattformen ähnlich. Damit kann z.B. in einer PowerPoint – Präsentation oder einem HTML – Dokument als Aktionseinstellung für ein Objekt der Aufruf von GAM.EXE mit automatischem Öffnen einer bestimmten Datei gesetzt werden, z.B. C:\GAM\GAM.EXE C:\GW\Spaceshuttle.gap

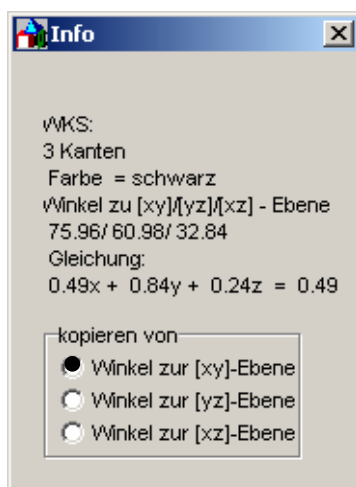
### Einfügen per Drag & Drop

Es können eine oder mehrere GAM – Dateien *\*.gap* vom Programmfenster des Explorers (Dateimanager) per Drag & Drop dem Projekt hinzugefügt werden. Wurde die Dateieindung **gap** mit GAM.EXE verknüpft, kann daher per Drag & Drop eine Datei *\*.gap* auf eine Verknüpfung GAM.EXE am Desktop das Programm gestartet und mit der abgelegten Datei geöffnet werden.

### Nutzen der Zwischenablage von Windows

Informationen von Punkten, Kanten oder Flächen (Menüpunkt *Bearbeiten – Messen*) lassen sich gezielt in die Zwischenablage von Windows kopieren und anschließend in jedem Textfeld an der Cursorposition einfügen (rechte Maustaste, einfügen oder die Tasten <Strg><V>).

Um z.B. den Neigungswinkel einer Seitenfläche zur [xy] - Ebene in die Zwischenablage zu kopieren (im Beispiel



75.96.. Grad), muss zunächst mit dem Menüpunkt *Bearbeiten – Messen - Fläche* das Infofenster (nach Wahl der Seitenfläche) erzeugt werden. Durch Klicken der rechten Maustaste auf dem Fenster wird eine Wahlmöglichkeit angezeigt, mit der man den gewünschten Wert in die Zwischenablage kopieren kann. Die Übertragung erfolgt auf 9 Dezimalstellen genau.

### Objektwahl

Wenn vom Programmablauf her ein Objekt zu wählen (markieren) ist, findet sich in der Statusleiste ein entsprechender Hinweistext und der Mauscursor verändert seine Gestalt. Die Auswahl geschieht mit der linken Maustaste durch Klicken auf einen Objektpunkt oder eine Objektkante.

Gestalt des Mausursors, wenn ein Punkt zu wählen ist (PUNKTFANG). Linke Maustaste, „sensitive“ Zone ist der innerste Kreis.

Gestalt des Mausursors, wenn ein Punkt oder eine Kante zu wählen ist.

Gestalt des Mausursors, wenn mit der Maus ein Polygon zu zeichnen ist. Z.B. Menüpunkte *Modellieren, Kante (Fläche) entfernen; Modellieren-Bohrungen – prismatisch* usw.

Sensitive Zone ist der Kreis im Fadenkreuz. Wird ein Punkt per Mausklick „gefangen“, wird die Position durch einen vergrößerten Mauszeiger (Doppelkreuz) deutlicher angezeigt, auch in zugeordneten Normalrissen (GA, AK und GAK).

### Wahl einer Kante oder Strecke

- Wahl des Anfangs- und des Endpunktes. Damit ist auch die in manchen Fällen verwendete ORIENTIERUNG der gewählten Strecke festgelegt. (Anfangs- und Endpunkt müssen nicht notwendig Anfangs- und Endpunkt einer Objektkante sein).
- Wahl eines Kantenpunktes zwischen Halbiungspunkt und Endpunkt. Damit ist auch die Orientierung festgelegt.

### Wahl einer projizierenden Strecke

Beendet man nach Wahl des ersten Punktes mit der <enter> Taste, erhält die gewählte Strecke als Richtung die gerade aktuelle Projektionsrichtung. Wird z.B. bei Wahl von projizierenden Drehachsen gebraucht.

## Wahl einer Seitenfläche bzw. Ebene

Wahl von 3 Punkten.

Wahl von 2 Kanten der Seitenfläche

Wahl eines Punktes und einer Kante

## Wahl einer projizierenden Ebene

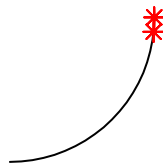
Beendet man nach Wahl des 1. Punktes und 2. Punktes mit der <enter> Taste, enthält die gewählte Ebene die gerade aktuelle Projektionsrichtung. Wird z.B. beim Festlegen von projizierenden Spiegelungsebenen gebraucht.

Gewählte Objekte (Strecken, Objekte) werden weiß dargestellt. Eine irrtümliche Wahl kann nicht rückgängig gemacht werden. Der aktuelle Befehl ist mit der <esc> Taste abubrechen und zu wiederholen.


## Punktfang

Bei 2D-Objekten, Kreisbogen, Parabel, Splines etc. wird automatisch der nächstgelegene Endpunkt „gefangen“, wenn dessen Bildpunkt nicht weiter als ca. 8 Pixel vom Punkt des Mausereignisses entfernt ist. Der „gefangene“ Punkt wird durch einen weiteren Cursor markiert. Das funktioniert in allen Abbildungsverfahren außer in den Mehrbildverfahren Grund- und Aufriss usw.

Haben zwei Strecken einen Schnittpunkt, kann dieser „gefangen“ werden.



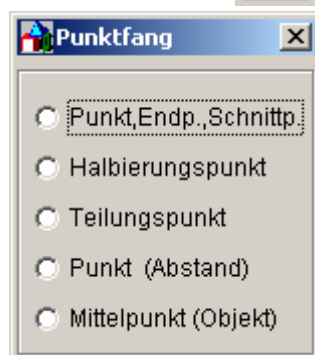
## Erweiterter Punktfang

Mit dem Menüpunkt *Optionen – erweiterter Punktfang* oder mit der Schaltfläche 

in der linken Menüleiste kann der erweiterte Punktfang aktiviert bzw. deaktiviert werden.

Zu beachten ist, dass bei den Optionen Teilungspunkt Punkt (Abstand)

die Strecke ‚orientiert‘ zu wählen ist.



## Wahl eines Objektes

- Wahl eines Objektpunktes oder einer Objektkante mit der linken Maustaste
- Leertaste (<space>): das zuletzt erzeugte Objekt wird ausgewählt und markiert

- Eingabetaste (<enter>): alle Objekte werden ausgewählt und markiert.

## Benutzerkoordinatensysteme.

### BKS

Mit dem Menüpunkt *Bearbeiten – Benutzerkoordinatensysteme...* können beliebig viele BKS definiert und verwaltet werden. Ein BKS wird durch Angabe des neuen Ursprunges  $U_n$ , eines Punktes  $X_n$  auf der neuen  $x$  – Achse und eines Punktes  $Y_n$  in der neuen  $[xy]$  – Ebene als Rechtssystem definiert. Die Punkte  $U_n$ ,  $X_n$  und  $Y_n$  können per Koordinaten oder per Mausklick festgelegt werden. Ist ein Benutzerkoordinatensystem aktiviert, werden Objekte, die mit den Menüpunkten 2D – Objekte, 3D – Objekte dem Projekt hinzugefügt werden können, in das aktive BKS eingefügt, wobei noch die Wahlmöglichkeit besteht, bezüglich des WKS einzufügen. Damit ist eine wichtige Möglichkeit realisiert, die in professionellen CAD – 3D Programmen Standard ist. Auch die meisten Transformationen orientieren sich am aktiven BKS, wobei noch die Wahlmöglichkeit besteht, bezüglich des WKS zu transformieren. Derzeit gilt dies für die Transformationen *Verschieben*, *Drehen*, *Spiegeln* und *zentrische Streckung*. In der Statuszeile wird der Name des aktiven BKS angezeigt.

## Programmdateien

GAM.EXE

Hauptprogramm

GAM.IFO

Informationstexte, Fehlermeldungen  
deutsch

GAM\_en.IFO

Informationstexte, Fehlermeldungen  
englisch

GAM.ICO

Programmicon, Programmsymbol

Gam.txt

Wird nach Schließen des Programms erzeugt und enthält Daten für den nächsten Start.

Gzip.exe

Wird benötigt, wenn der VRML – Export - Datei komprimiert werden soll.

GAMHtml

Dateiordner, enthält Informationen und Lernsequenzen. Aufzurufen mit dem Menüpunkt *Info – Info*.

## TRANSFORMATIONEN

Wird dem Projekt ein Objekt hinzugefügt, wird es zunächst in ein festes Koordinatensystem – WKS (Weltkoordinatensystem) oder aktives BKS (Benutzerkoordinatensystem, siehe S.9) - eingefügt. Ist das Kontrollfeld „Kopieren“ aktiviert, wird zuerst eine Kopie der Objektauswahl erzeugt, auf welche dann die Transformation angewendet wird.

Die Positionierung im Raum oder die Änderung von Abmessungen können mit TRANSFORMATIONEN bewerkstelligt werden.

Menüpunkt *Transformieren*

In den meisten Eingabefenstern für Transformationen gibt es die Checkbox ☐ animiert. Wird sie aktiviert, kann die Transformation animiert ablaufen. Siehe Kapitel *Animationen mit GAM*.

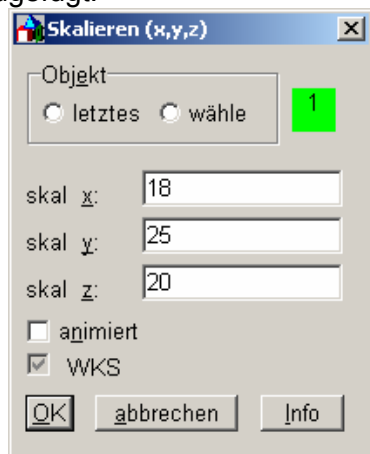
Bei Doppelklick in einem Eingabefeld kann die Länge einer zu wählenden Strecke übertragen werden.

### Skalieren (x,y,z)

Im Beispiel werden die x - Koordinaten der Punkte der Objektauswahl mit skalx = 18, die y - Koordinaten mit skaly = 25 und die z - Koordinaten mit skalz = 20 multipliziert. Im Protokoll wird die Zeile

$S(18, 25, 20)$

hinzugefügt.



Negative Skalierungsfaktoren bewirken zusätzlich die Platzierung im entsprechenden Oktanten des Koordinatensystems.

Die Parameter der Transformation wirken sich nur auf den Objektzustand zum Zeitpunkt des Einfügens und nicht auf die momentane Situation aus.

### Verschieben

Zu den x - Koordinaten der Punkte der Objektauswahl wird im Beispiel  $\text{transx} = 4$ , zu den y - Koordinaten  $\text{transy} = -2.5$  und zu den z - Koordinaten  $\text{transz} = 0$  addiert, d.h. die Objektauswahl wird um den Vektor  $(4, -2.5, 0)$  verschoben.

Im Protokoll wird die Zeile

$T(4, -2.5, 0)$

hinzugefügt.



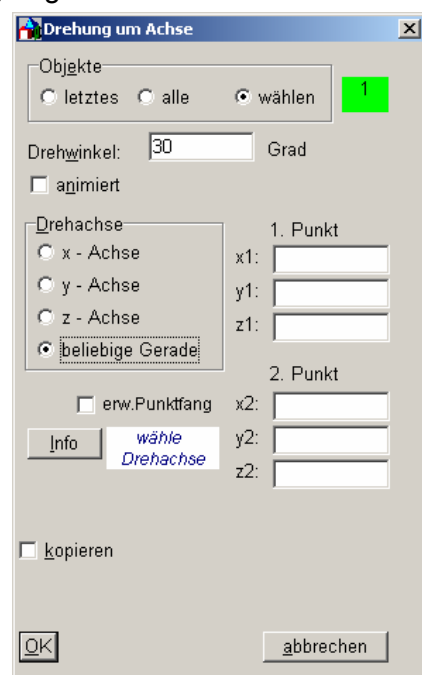
### Drehen um eine Achse

Die Objektpunkte der Objektauswahl werden z.B. um die z - Achse um  $30^\circ$  gedreht. Der positive Drehsinn ist der, der die positive x - Achse in die positive y - Richtung dreht, wenn die Blickrichtung gegen die positive z - Achse (= orientierte Drehachse) ist.

Im Protokoll wird die Zeile

$D(0, 0, 30)$

hinzugefügt.



Fügt man mit *Bearbeiten-Protokoll-editieren* im Protokoll die Zeile

$D(20, 30, 50)$

hinzu, wird das Objekt zuerst um die x - Achse um  $20^\circ$ , dann um die y - Achse um  $30^\circ$  und anschließend um die z - Achse um  $50^\circ$  gedreht.

Ist das Kontrollfeld „beliebige Gerade“ aktiviert, ist noch die Drehachse zu wählen. Dabei ist auf die Orientierung zu achten. In diesem Fall würde der Eintrag im Protokoll lauten:

$DG(\alpha, x1, y1, z1, x2, y2, z2)$

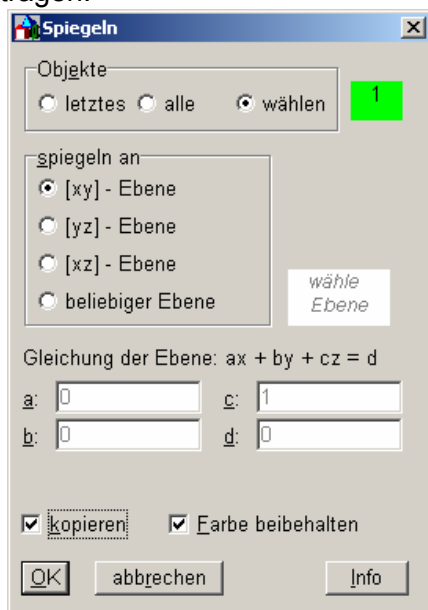
$\alpha$  ist der Drehwinkel, dann folgen die Koordinaten des Anfangs- und Endpunktes der Drehachse.

### Spiegeln an Ebene

Die Objektauswahl wird im Beispiel an der [x,y] - Ebene gespiegelt. Im Protokoll wird die Zeile

$SP(0, 0, 1, 0)$

eingetragen.



Ist das Optionsfeld „beliebiger Ebene“ aktiviert, ist noch die Spiegelungsebene zu wählen. Der Eintrag in das Protokoll lautet jetzt

$SP(a, b, c, d)$

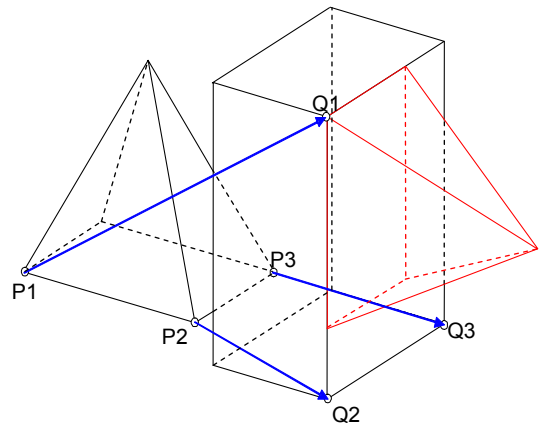
(Spiegelung an der Ebene  $ax + by + cz = d$ )

### Bewegen

stellt eine allgemeine Kongruenztransformation dar. Man folge den Anweisungen in der Statuszeile.

Die Bewegung wird durch Wahl dreier Punktepaare  $P_1 \rightarrow Q_1$ ,  $P_2 \rightarrow Q_2$  und  $P_3 \rightarrow Q_3$  (Urbild  $\rightarrow$  Bildpunkt) gesteuert. Die Urbilder

$P_1, P_2, P_3$  legen die „Quellebene“  $q$  fest, welche mit der Zielebene  $z = (Q_1, Q_2, Q_3)$  auf folgende Weise zur Deckung gebracht wird:  $P_1$  wird mit  $Q_1$  zur Deckung gebracht (Schiebung). Die Gerade  $P_1P_2$  wird mit der Geraden  $Q_1Q_2$  zur Deckung gebracht. Beendet man die Prozedur nach der Eingabe des 1. Punktepaars mit der <enter> Taste, wird lediglich die Translation  $P_1 \rightarrow Q_1$  durchgeführt.



Obiges Beispiel zeigt, wie die rechteckige Pyramide durch die Transformation BEWEGEN mit ihrer Grundfläche in der Seitenfläche des Quaders zu liegen kommt. Im Protokoll werden im allg. die Zeilen

$DG(\alpha, d, e, f, g, h, j)$

$T(a, b, c)$

eingetragen. Denn eine allgemeine Kongruenztransformation lässt sich in eine Drehung um eine Achse und eine Translation zerlegen.

### Scherung

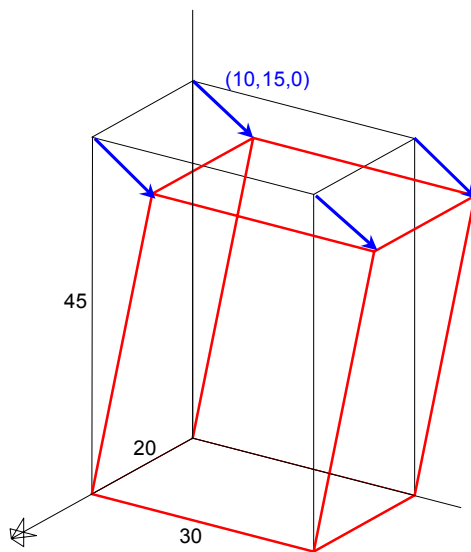
Der Quader (20x30x45) kann durch eine SCHERUNG in ein schiefes Prisma transformiert werden.

Beispiel: alle Objektpunkte mit der z-Koordinate  $z = 45$  werden um den Vektor  $(\text{transx}, \text{transy}, 0) = (10, 15, 0)$  verschoben. Objektpunkte mit der z-Koordinate  $z_1$  werden um den proportionalen Vektor  $(z_1 \cdot \text{transx}/z, z_1 \cdot \text{transy}/z, 0)$  verschoben. Im Protokoll wird zu den das Auswahlobjekt betreffenden Zeilen die Zeile

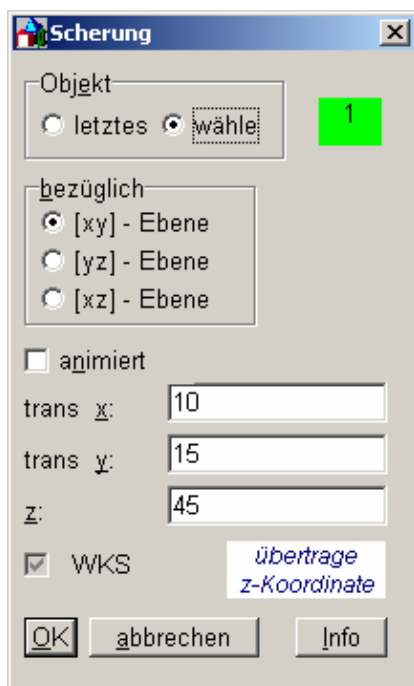
$SXY(10, 15, 45)$

hinzugefügt.

Die Parameter der Transformation wirken sich nur auf den Objektzustand zum



Zeitpunkt des Einfügens und nicht auf die momentane Situation aus.

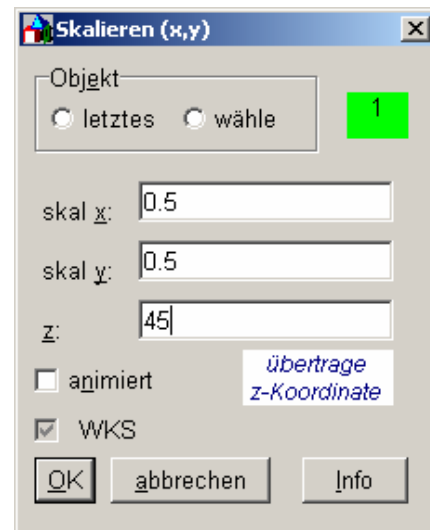


Diese sehr praktische Transformation ist in den gängigen CAD-Programmen nicht oft zu finden!

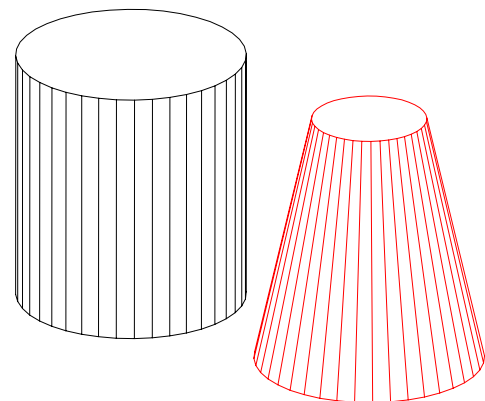
### Skalieren(x,y)

Z.B. kann ein Drehzylinder ( $r = 20$ ,  $h = 45$ ) mit dieser Transformation in einen Drehkegelstumpf transformiert werden. Die x- bzw. y - Koordinaten aller Punkte mit der z - Koordinate  $z = 45$  werden mit den Faktoren  $x\text{-skal} = 0.5$  bzw.  $y\text{-skal} = 0.5$  multipliziert. Im Protokoll wird die Zeile  
 $SZ(0.5, 0.5, 45)$   
 hinzugefügt.

Die Parameter der Transformation wirken sich nur auf den Objektzustand zum Zeitpunkt des Einfügens und nicht auf die momentane Situation aus.



Diese sehr praktische Transformation ist in den gängigen CAD-Programmen nicht zu finden!



Vorsicht! Nicht immer bleiben bei dieser Transformation die Seitenflächen planar. GAM zeigt in einem solchen Fall einen Fehlerhinweis an. Das Ergebnis kann nicht für Schnittaufgaben verwendet werden. Auch die korrekte Sichtbarkeitsbeurteilung ist nicht möglich.

### Zentrische Streckung

Mit dieser Transformation lassen sich die Objekte einer Auswahl von einem Zentrum aus ähnlich verkleinern oder vergrößern. Im Beispiel werden die Objekte der Auswahl vom Zentrum (5,5,1) um den Faktor 2.5 vergrößert. Der Faktor kann auch negativ sein. Diese Transformation ist universeller verwendbar als die Transformation Skalieren (x,y,z).

Protokoll wird die Zeile

$Z(2.5, 5, 5, 1)$

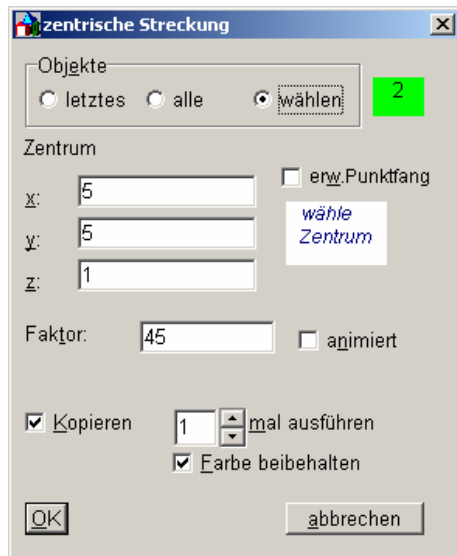
hinzugefügt.

## Transformation Matrix 3x3

Mit *Transformieren – Matrix 3x3* lässt sich eine linear homogene Transformation der Koordinaten der Punkte der gewählten Objekte erreichen. Beispielsweise erzeugt die

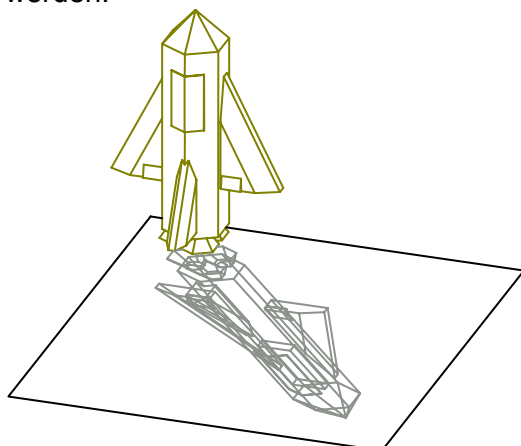
Matrix  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1.2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$  den Schlagschatten des

Objektes auf die xy – Ebene



(Parallelbeleuchtung, Lichtrichtung  $\begin{pmatrix} 1.2 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}$ ).

Nicht benötigte Kanten könnten mit *Modellieren – Kante(n) entfernen* gelöscht werden.



Im Protokoll wird die Transformation mit  $M(1, 0, 1.2, 0, 1, 1, 0, 0, 0)$  vermerkt.

Hier ergibt sich vielleicht eine reizvolle Querverbindung zur Mathematik – Lineare Algebra, Matrizenrechnung, Vektorrechnung.

Die wichtigsten Transformationen können mit **Hotkeys** schnell über die Tatstatur aufgerufen werden:

Skalieren(x,y,z)	<Strg> + <J>
Verschieben	<Strg> + <I>
Drehen	<Strg> + <D>
Spiegeln an Ebene	<Strg> + <P>
Bewegen	<Strg> + <B>
Zentrische Streckung	<Strg> + <G>

## Taschenrechner

In allen Feldern für Zahleneingaben können statt Zahlen auch RECHENTERME eingegeben werden! GAM hat einen Taschenrechner eingebaut, der Terme auswertet. Auch die wichtigsten mathematischen Funktionen sind vorhanden. Einige Beispiele:

4/5\*30      2\*SQRT(2)      ATN(2/3)

In allen Eingabefeldern ist als Dezimaltrennzeichen "." oder "," zulässig.

Einen Überblick über die eingebauten Funktionen findet man unter *Bearbeiten – Protokoll – editieren* in der mit „Funktionen“ beschrifteten Liste.

SIN(X)	sin x
ASIN(X)	arcsin x
COS(X)	cos x
ACOS(X)	arccos x
TAN(X)	tan x
ATN(X)	arctan x
EXP(X)	e <sup>x</sup>
LN(X)	ln x
LG(X)	lg x
SQR(X)	x <sup>2</sup>
SQRT(x)	x <sup>0.5</sup>
ABS(x)	x
SINH(x)	sinh x
COSH(x)	cosh x
TANH(X)	tanh x
RAD(x)	rad(x), Gradmaß -> Bogenmaß
DEG(x)	deg(x), Bogenmaß -> Gradmaß
RND(X)	Rundungsfunktion
SGN(X)	Vorzeichen
IF( <= : : )	WENN - Funktion

Alle Winkelfunktionen arbeiten im Gradmaß.

Beispiel für die WENN-Funktion:

a = IF(x0 >= 5 : 0 : x0 + w)

Wenn die Bedingung x0 >= 5 wahr ist, erhält a den Wert 0 sonst den Wert x0 + w.

Bedingungen können formuliert werden mit:

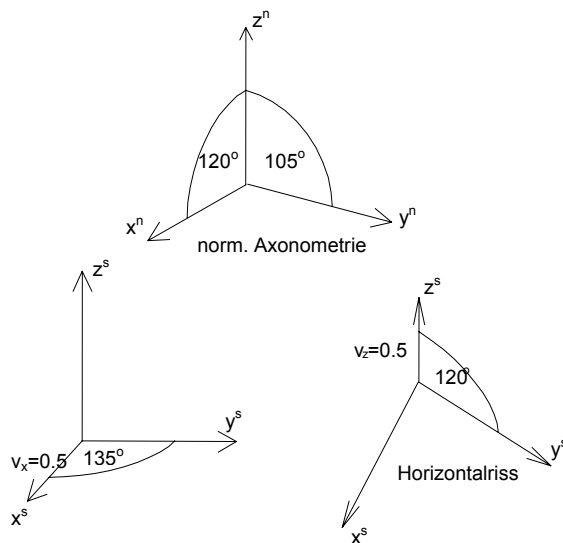
<, >, =, <=, >= <>

## ABBILDEN

### Ändern der Einstellungen

Die Abbildungen zeigen die Voreinstellungen für NORMALE AXONOMETRIE, FRONTALRISS und HORIZONTALRISS.

Die die Abbildungen prägenden Winkel und Verzerrungsfaktoren können im Menüpunkt *Ansicht – Einstellungen* geändert werden. Sie werden durch Klicken der OK - Schaltfläche aktiv.

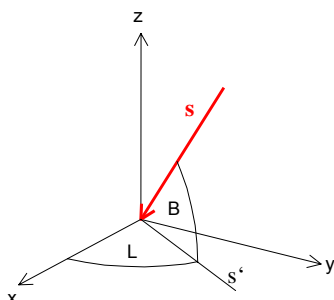


### Seitenrisse

Für Seitenrisse kann die Projektionsrichtung **s** mit Hilfe der Winkel **L** und **B** (geogr. Länge und Breite) festgelegt werden. Die Einstellungen sind mit dem Menüpunkt *Ansicht – Einstellungen – allgemeine Blickrichtung* vorzunehmen. Die geänderten Einstellungen werden wirksam, wenn die Schaltfläche „OK“ betätigt wird. Ist  $B < 0$  erhält man eine Untersicht.

$$0^\circ \leq |L| \leq 180^\circ, 0^\circ \leq |B| \leq 90^\circ$$

Mit den Menüpunkten *Ansicht – Seitenrisse – parallel zu Kante* bzw. *normal zu Kante* bzw. *normal auf Ebene* bzw. mit der Schaltfläche **S**



in der rechten Menüleiste kann die Projektionsrichtung **s** objektabhängig

eingestellt werden. Damit kann erreicht werden, dass eine Kante als Punkt erscheint, eine Kante bzw. Seitenfläche unverzerrt erscheint.

### Zentralrisse

Die Richtung des Hauptsehstrahles **s**, Hauptpunkt **H** und Distanz **d** können im Menüpunkt *Ansicht – Einstellungen – Zentralriss* festgelegt werden. Die geänderten Einstellungen werden wirksam, wenn die Schaltfläche „OK“ betätigt wird. Die Bildebene steht normal auf **s**.

Objektkanten dürfen die Verschwindungsebene nicht schneiden.

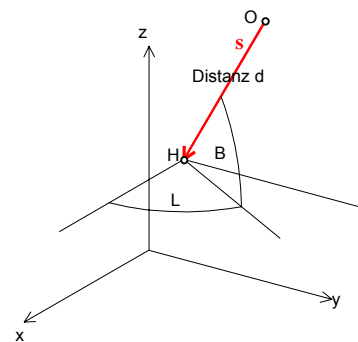
Voreinstellungen:

$$H(0,0,0), d = 100, L = 45^\circ, B = 0^\circ$$

Je nach Gesamtabmessungen des aktuellen Projektes wird der Hauptpunkt und die Distanz „vernünftig“ als Voreinstellung bestimmt. Die Kenngrößen für den Zentralriss können nach wie vor auch gesetzt werden.

### Interaktive Änderung von Abbildungseinstellungen

Man kann mit *Ansicht – Einstellungen – allg. Blickrichtung* bzw. *Zentralriss* per Schieberegler die die Projektionsrichtung festlegenden Winkel **L** und **B** per Maus verändern und so die Ansicht (zwecks



Drucken oder Exportieren) optimieren.

Das geht auch direkt in der Zeichnung, in dem man die Maus bei gedrückter rechter Maustaste bewegt.

### Normale Axonometrie

Die Projektionsrichtung **s** wird im Weltkoordinatensystem durch die Winkel **L** und **B** festgelegt:

$$-180^\circ \leq L \leq 180^\circ, -90^\circ \leq B \leq 90^\circ.$$

### Zentralriss

Die Richtung des Hauptsehstrahles **s** wird wie oben durch die Winkel **L** und **B** festgelegt.

### Kavallierriß

Die Abbildung wird festgelegt durch den Winkel  $\alpha = \angle(y^s x^s)$  und den Verzerrungsfaktor  $v_x$

### Militärriß

Die Abbildung wird festgelegt durch den Winkel  $\alpha = \angle(z^s y^s)$  und den Verzerrungsfaktor  $v_z$ .

Wenn man die Maus im Zeichnungsbereich bei gedrückter rechter Maustaste bewegt, bewirken die horizontalen bzw. vertikalen Komponenten des Schiebvektors:

	horizontal, rechts	horizontal, links	vertikal, oben	vertikal, unten
Norm. Axonometrie	L wird vergrößert	L wird verkleinert	B wird vergrößert	B wird verkleinert
Zentralriß	L wird vergrößert	L wird verkleinert	B wird vergrößert	B wird verkleinert
Frontalriß	$\alpha$ wird verkleinert	$\alpha$ wird vergrößert	$v_x$ wird vergrößert	$v_x$ wird verkleinert
Horizontalriß	$\alpha$ wird verkleinert	$\alpha$ wird vergrößert	$v_z$ wird vergrößert	$v_z$ wird verkleinert

Natürlich empfiehlt es sich, vor allem bei umfangreichen Projekten, interaktive Bild Änderungen in der Ansicht ‚Drahtmodell‘ zu machen und erst dann, wenn die Ansicht optimiert ist, eventuell die Sichtbarkeit zu berücksichtigen. Zum Eingewöhnen ist es praktisch, mit der Schaltfläche WKS das Weltkoordinatensystem einzublenden.

Damit ist man z.B. wesentlich flexibler, wenn man etwa im Zuge eines Konstruktionsvorganges einen Punkt oder Strecke ‚fangen‘ möchte und dabei interaktiv die Ansicht ändern und das Bild vergrößern und verschieben kann.

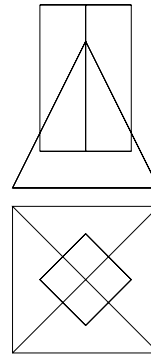
## MODELLIEREN

Die gegenseitige Verschneidung zweier oder mehrerer Objekte kann in GAM auf verschiedene Weise realisiert werden. Gegeben sei eine quadratische Pyramide und ein quadratisches gerades Prisma.

### **BOOLEsche Operationen**

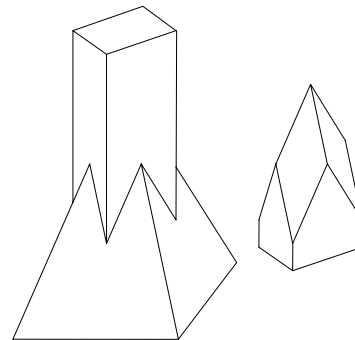
#### VEREINIGUNG, DURCHSCHNITT, DIFFERENZ

Von 2 Volumenmodellen können die VEREINIGUNG, der DURCHSCHNITT oder die DIFFERENZ bestimmt werden. Die zuständigen Menüpunkte sind *Modellieren – Vereinigung*, *Modellieren – Durchschnitt* und *Modellieren – Differenz*. Bei der Differenz kommt es auf die Reihenfolge der zu wählenden Objekte an.

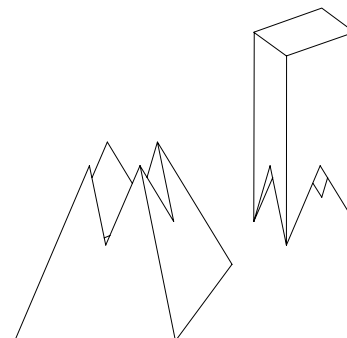


VEREINIGUNG

DURCHSCHNITT



DIFFERENZ



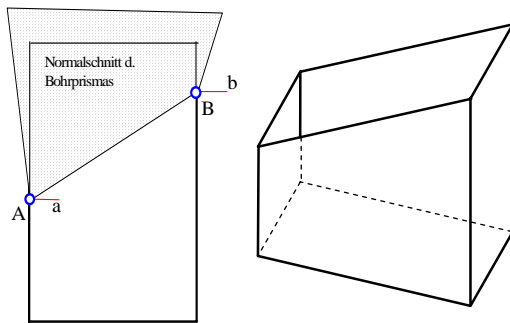
GAM prüft, ob die gewählten Objekte Volumenmodelle sind. Bei inzident liegenden Elementen (eine Kante des ersten Objektes liegt ganz oder teilweise auf einer Kante des zweiten Objektes u.ä.) kann GAM manchmal die Durchdringung nicht exakt bestimmen. Man vermeide Inzidenzen, wenn es möglich ist.

### BOHRUNGEN

Mit den Menüpunkten *Modellieren – Bohrungen – prismatisch, regelm. prismatisch, zylindrisch* kann die Differenz eines Objektes und eines Prismas bzw. Zylinders („Bohrprisma“, „Bohrzylinder“) bestimmt werden. Der NORMALSCHNITT des Bohrprismas (Bohrzylinders) wird in einer Ansicht, in der dieser unverzerrt erscheint mit

der Maus als Polygon gezeichnet. Die Höhe des Bohrprismas bestimmt GAM so, dass bei Differenzbildung das gegebene Objekt vollständig durchbohrt wird. Das Zeichnen des Normalschnittes wird mit der <enter> Taste beendet, wobei er geschlossen wird, d.h. der letzte Punkt wird mit dem ersten verbunden. Damit der Normalschnitt maßgerecht gezeichnet werden kann, sind vorher die nötigen Hilfsfiguren (Strecken, Raster etc.) zu erstellen, so dass die Punkte des Normalschnittes exakt bestimmt werden können („Punktfang“).

Beispiel: aus einem Quader mit der Grundfläche 30x55 cm soll durch einen schrägen Schnitt ein Behälter erzeugt werden, so dass links die Höhe 35 cm und rechts 66 cm entsteht. Zum „Fangen“ der Punkte A und B des Normalschnittes eines



Bohrprismas können die Anfangspunkte der Hilfsstrecken  $a[(0,0,35) \quad (0,10,35)]$  und  $b[(0,55,66) \quad (0,65,66)]$  dienen.

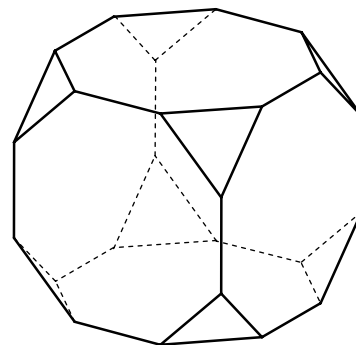
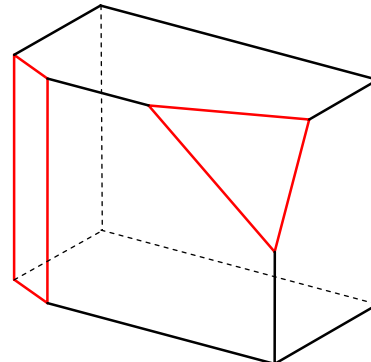
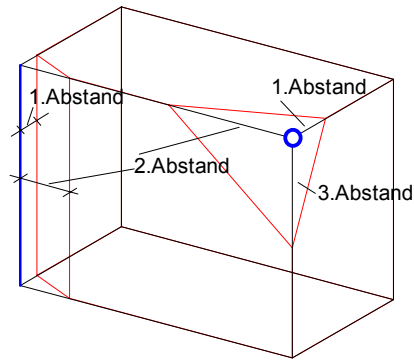
Im Protokoll wird etwa die Strecke b folgendermaßen festgelegt:

```
STRECKE HELLROT
DEF (0, 55, 66, 0, 65, 66)
```

Mit dem Menüpunkt *Modellieren – Fläche entfernen – einzeln* wurde noch die obere Fläche entfernt.

## FASEN

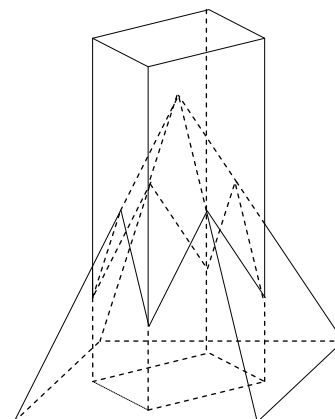
Mit den Menüpunkten *Modellieren – Fasen – Kante, Ecke, alle Ecken* können von einem Volumenmodell Kanten bzw. Ecken „abgeschnitten“ werden. Die Lage der Schnittebene wird durch Abstände festgelegt, wie die Figuren zeigen. Bei der Eingabe der Abstände ist darauf zu achten, dass die durch die Abstände definierte Schnittebene durch keine Objektpunkte geht und keine weiteren Punkte abgeschnitten werden. Auch nicht „konvexe“ Elemente können „gefast“ werden.



## Alle SCHNITTELEMENTE

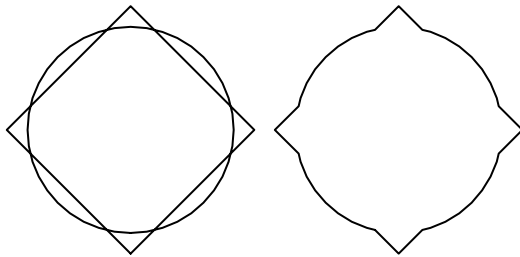
Von beliebig vielen Objekten können alle Schnittpunkte und Schnittstrecken bestimmt werden.

Zu beachten ist, dass dabei alle Objekte der



Auswahl zu einem Objekt zusammengefasst werden, auch wenn keine Schnittelemente auftreten.

Ebenso können die Schnittpunkte von mehreren 2D-Objekten mit gemeinsamer Trägerebene ermittelt werden. Anschließend kann man mit dem Menüpunkt *Modellieren – Kante(n) entfernen* nicht benötigte Kanten entfernen, um z.B. ein 2D-Objekt zu erzeugen, das als Leitlinie für ein 3D-Objekt geeignet ist. Man braucht nur so viele Kanten entfernen, bis der Kurvenverlauf von Anfangs- zum Endpunkt eindeutig ist. Dann können die restlichen nicht mehr benötigten Kanten mit *Modellieren – Kurve sortieren,säubern* automatisch entfernt werden.



### **Kante(n), Fläche(n) entfernen**

Nicht erwünschte Kanten oder Flächen eines Objektes können mit den Menüpunkten *Modellieren – Kante(n) entfernen* bzw. *Fläche(n) entfernen* entfernt werden. Das Entfernen einer Kante bewirkt auch das Entfernen jener Flächen, in denen die Kante liegt.

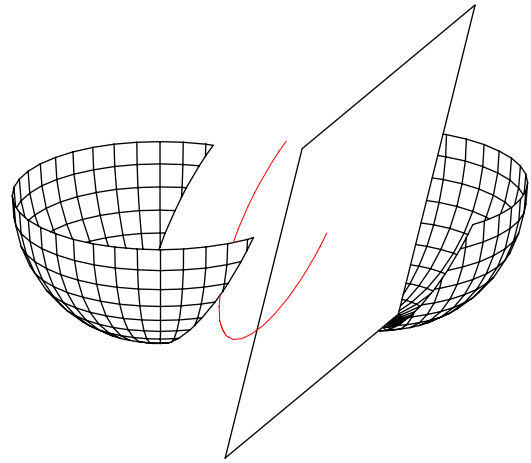
Das Ergebnis ist kein Volumenmodell.

Will man mehrere Kanten in einem Arbeitsgang entfernen, kann man die Varianten „die ein offenes Polygon schneiden“ bzw. „die innerhalb eines Fensters liegen“, verwenden.

Wird eine Kante entfernt, werden automatisch ihre Trägerebenen entfernt (jede Kante kommt in höchstens zwei Seitenflächen vor).

### **Trennen, ebener Schnitt**

Mit dem Menüpunkt *Modellieren – trennen* können beliebige Objekte durch Festlegen einer Ebene in 2 Teile zerlegt werden, in dem der Schnitt mit der Ebene durchgeführt wird. Wahlweise kann die Schnittkurve und die Schnittebene als Objekt hinzugefügt werden.



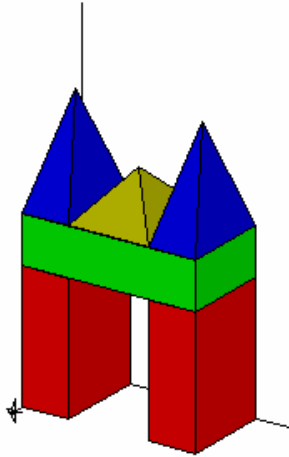
### **Anmerkungen**

Nach jeder Modellierung (Veränderung eines Objektes mit einem der Menüpunkte des Hauptmenüs *Modellieren*) ist ein neues Objekt entstanden, mit einer neuen Datenstruktur. GAM speichert die Objektdaten in einer temporären Datei (\$nnnnnnn.dat) entweder in das Arbeitsverzeichnis, falls ein solches dem Betriebssystem bekannt ist, oder sonst in das Programmverzeichnis. Sollte der Benutzer im Programmverzeichnis keine Schreib- und Löschrechte besitzen, muss nach Programmstart ein Verzeichnis für temporäre Dateien festgelegt werden: Menüpunkt *Optionen – Verzeichnis für temporäre Dateien*.

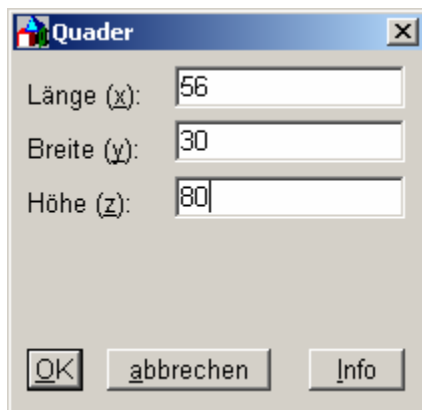
Die 7-stellige Zahl nnnnnnn gibt die Anzahl der nach 0 Uhr 00 verstrichenen Hundertstelsekunden an. Das Einstellen eines Verzeichnisses für temporäre Dateien nach Programmstart ist zu empfehlen. Weiters ist zu empfehlen, dass dieses Verzeichnis nur für diesen Zweck genutzt wird. GAM merkt sich nach Programmende den Namen des Verzeichnisses und löscht alle temporären Dateien. Beim nächsten Programmstart ist dieses Verzeichnis automatisch eingestellt.

## Arbeiten mit GAM an Hand von Beispielen

### STADTTOR



Das abgebildete STADTTOR soll generiert werden. Dazu braucht man drei Quader und drei rechteckige Pyramiden, die entsprechend positioniert werden müssen. Die beiden Säulen (56x30x80) sollen rot sein, der Querbalken (56x110x30) hellgrün, die seitlichen Pyramiden (56x30x65) hellblau und die mittlere (56x50x30) oliv.



Nach Wahl des Menüpunktes *3D-Objekte – Quader* erhält man das Eingabefenster für das Erzeugen eines Quaders. Vorher sollte noch mit Hilfe der Schaltfläche *Of* als Objektfarbe rot eingestellt werden. In die entsprechenden Felder werden die gewünschten Abmessungen eingetragen. Nach Schließen des Fensters mit Hilfe der Schaltfläche *OK* sieht man die linke Säule. GAM hat im Protokoll 2 Zeilen mitgeschrieben:

```
EW rot  
S (56, 30, 80)
```

S steht für die Transformation SKALIEREN, d.h. die x - Koordinaten der Punkte des Einheitswürfels EW werden mit 56 multipliziert, die y - Koordinaten mit 30 usw. Um die rechte Säule zu erzeugen, wird die linke Säule 1 mal kopiert und um den Vektor (0,80,0) verschoben. Mit dem Menüpunkt *Transformieren – Verschieben* erhält man das entsprechende Eingabefenster.



Das Protokoll wurde inzwischen von GAM automatisch erweitert:

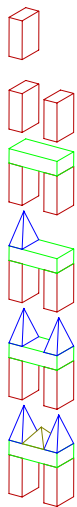
```
EW rot  
S (56, 30, 80)  
EW rot  
S (56, 30, 80)  
T (0, 80, 0)
```

T steht für die Transformation TRANSLATION (Verschieben).

Der hellgrüne Querbalken wird zunächst als Quader (56x110x30) erstellt. Er muss dann mit dem Vektor T(0,0,80) verschoben werden. Die Option „Objekte *letztes*“ legt für die Verschiebung das zuletzt erzeugte Objekt fest.

„Objekte wählen“: Ein Objekt wird mit der linken Maustaste, wenn sich der Mauszeiger auf einem Objektpunkt oder auf einem Punkt einer Objektkante befindet, gewählt (markiert). Das gewählte Objekt wird weiß punktiert dargestellt. Das Beenden der Auswahl muss mit der Eingabetaste <enter> geschehen, da Transformationen prinzipiell auch an mehreren Objekten ausgeführt werden können. Eine irrtümliche Markierung eines Objektes kann nicht rückgängig gemacht werden. Man beende den Befehl mit der <esc> Taste und wiederhole den

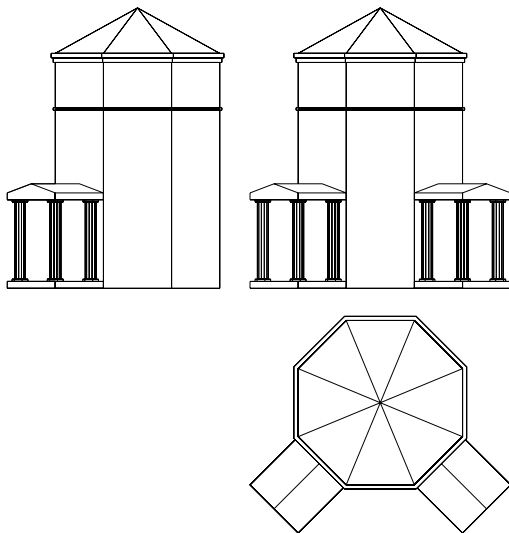
Vorgang. Mit dem Menüpunkt *3D-Objekte – recht. Pyramide* lassen sich anschließend dem Projekt die Pyramiden hinzufügen.



```
EW rot
  S(56,30,80)
EW rot
  S(56,30,80)
  T(0,80,0)
EW hellgrün
  S(56,110,30)
  T(0,0,80)
QP hellblau
  S(56,30,65)
  T(0,0,110)
QP hellblau
  S(56,30,65)
  T(0,80,110)
QP oliv
  S(56,50,30)
  T(0,30,110)
```

Die „eingefärbte“ Abbildung wird mit dem Menüpunkt *Bearbeiten – Schattieren* erhalten. Vorher müssen die unsichtbaren Kanten ausgeblendet werden. Oben sieht man das vollständige Protokoll.

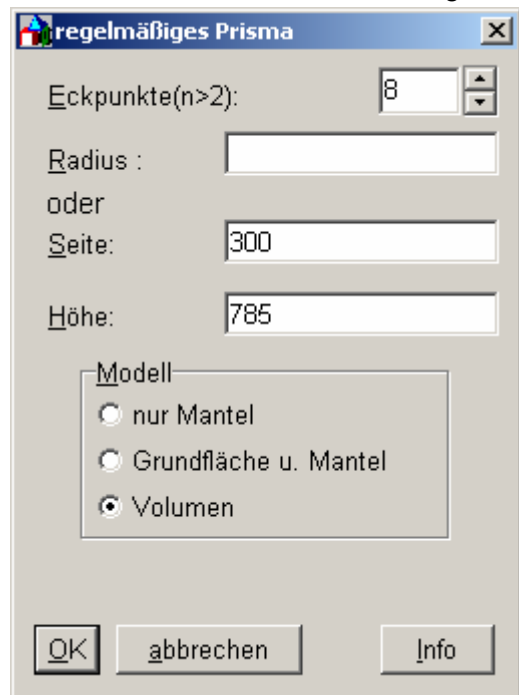
### Palast der Winde



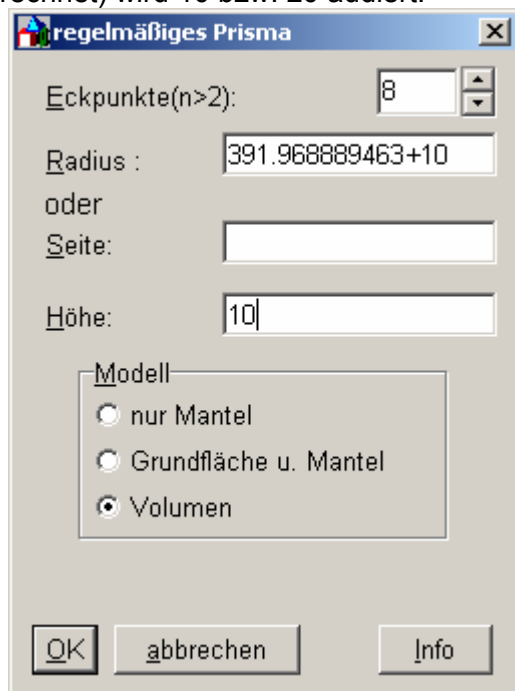
Ein etwas anspruchsvolleres Projekt stellt der Palast der Winde dar. Er lässt sich aus 3 Teilobjekten zusammensetzen: TURM, SÄULE und PORTIKUS.

Der TURM besteht aus 5 regelmäßigen 8-seitigen Prismen, deren Höhen der Reihe nach 785 cm, 10, 200, 20 und 20 cm betragen. Die Seite des unteren Prismas soll 300 cm sein, damit der Portikus (300x300) exakt angebaut werden kann. Die Gesimse sollen radial 10 bzw. 20 cm auskragen. Den

Abschluss bildet eine 200 cm hohe regelm. 8-



seitige Pyramide, Seitenlänge 300 cm. Mit dem Menüpunkt *3D-Objekte – regelm. Prisma* kann mit den ersichtlichen Einstellungen zunächst das unterste Prisma erzeugt werden. Das Textfeld „Radius“ bleibt leer. Zum Erstellen der Gesimse bleibt das Textfeld „Seite“ leer, im Textfeld „Radius“ (der Radius wurde inzwischen von GAM berechnet) wird 10 bzw. 20 addiert.



Nach schritt weisen Vereinigen der Teile des Turmes können wir ihn als externes Objekt speichern (TURM.GAP).

Jetzt beginnen wir neu (Menüpunkt *Datei – Neu*). Eine SÄULE besteht aus einem regelm. 12-seitigen Prisma ( $r = 25$  cm,  $h =$

340 cm). Als Kapitell und Säulenfuß dient je ein regelm. 6-seitiges Prisma ( $r = 36 \text{ cm}$ ,  $h = 10 \text{ cm}$ ). Wir speichern das Ergebnis der Vereinigung als SÄULE.GAP.

Der PORTIKUS besteht aus 2 quadratischen Platten ( $300 \times 300 \times 30$ ), 4 SÄULEN und einem Satteldach ( $300 \times 300 \times 40$ ). Das Satteldach kann mit dem Menüpunkt *3D-Objekte – weitere ..- Dächer – Modell Satteldach* erzeugt werden. Das Ergebnis der Vereinigung der Teilobjekte wird als PORTIKUS.GAP gespeichert.

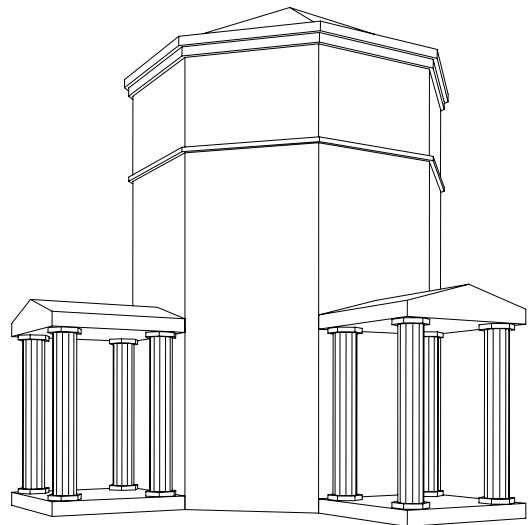
Lädt man die externen Objekte TURM und PORTIKUS, sieht man im Grundriss, dass der TURM um die z - Achse um  $-22.5^\circ$  und der PORTIKUS um  $45^\circ$  zu drehen sind, damit der PORTIKUS durch eine Verschiebung an die passende Seitenwand angefügt werden kann (rechts). Anschließend wird der PORTIKUS mit der Transformation Verschieben [Schiebvektor:  $(150 \cdot \tan(67.5), 150, 0)$ ] oder in einer AXO-Ansicht mit der Transformation BEWEGEN in die gewünschte Lage gebracht. Der zweite Anbau kann durch Spiegeln des Portikus an der [xz] - Ebene erhalten werden (kopieren). Abschließend die Protokolle für die Erzeugung der Teilobjekte.

```
'Turm
PR8G2 schwarz
  S(391.9688895,391.9688895,785)
PR8G2 schwarz
  S(391.9688895+10,391.9688895+10,10)
  T(0,0,785)
PR8G2 schwarz
  S(391.9688895,391.9688895,200)
  T(0,0,785+10)
PR8G2 schwarz
  S(391.9688895+10,391.9688895+10,20)
  T(0,0,785+10+200)
PR8G2 schwarz
  S(391.9688895+20,391.9688895+20,20)
  T(0,0,785+10+200+20)
PY8G1 schwarz
  S(391.9688895,391.9688895,200)
  T(0,0,785+10+200+20+20)

'Säule
PR6G2 schwarz
  S(36,36,10)
PR12G2 schwarz
  S(25,25,340)
  T(0,0,10)
PR6G2 schwarz
  S(36,36,10)
  T(0,0,10+340)

'Portikus
EW
  S(300,300,30)
```

```
F:\DAT\GAMHELP\SÄULE
  T(40,40,30)
F:\DAT\GAMHELP\SÄULE
  T(260,40,30)
F:\DAT\GAMHELP\SÄULE
  T(260,260,30)
F:\DAT\GAMHELP\SÄULE
  T(40,260,30)
EW
  S(300,300,40)
  T(0,0,390)
EK schwarz
  S(300,300,40)
  SXY(0,0.5*(300),40)
  T(150.0,150.0,430.0)
```



Für die perspektive Abbildung wurden folgende Einstellungen gemacht.  
H(-500,-200,200), Distanz: 3000, L: 15, B: 0.  
(Menüpunkt *Ansicht – Einstellungen – Zentralriss*).

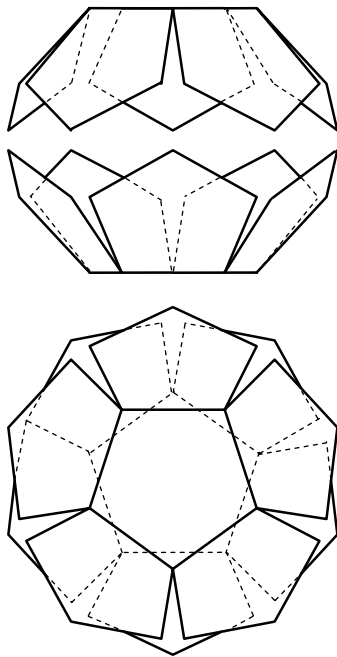
### Experiment mit Fünfecken

Aus einem regelmäßigen Fünfeck ( $r = 1$ ) soll eine anschauliche Darstellung der Entstehung eines DODEKAEDERS erzeugt werden.

Mit dem Menüpunkt *2D-Objekte – regelm. Vieleck* wird ein regelm. Fünfeck erzeugt. Anschließend wird das Fünfeck um eine Seite als Drehachse um  $130^\circ$  (nach unten, 1 mal kopieren) gedreht. Das gedrehte Fünfeck wird um die z - Achse um  $72^\circ$  gedreht (4 mal kopieren). Verschieben aller 6 Fünfecke um  $(0,0,1.5)$  ergibt den oberen Teil des Experimentes. Anschließend werden die 6 Fünfecke an der [xy] - Ebene gespiegelt (1 mal kopieren) und die gespiegelten Fünfecke um  $36^\circ$  um die z - Achse gedreht.

Der Einfachheit halber könnte man die 6 Fünfecke des oberen Teiles zu einem Objekt

zusammenfassen. Dies kann natürlich nicht mit der BOOLEschen Operation Vereinigung

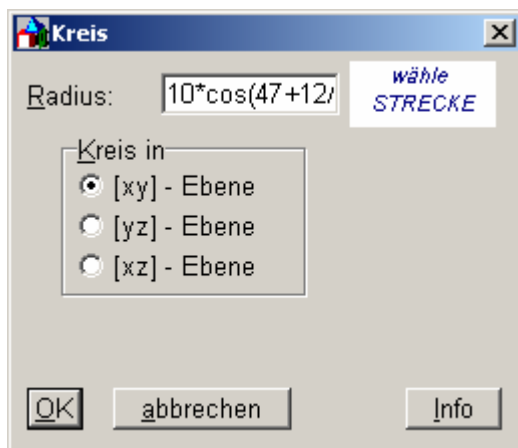


geschehen, sondern mit dem Menüpunkt *Modellieren – alle Schnittelemente*.

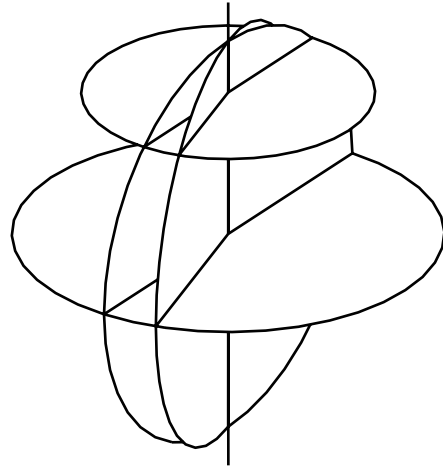
### Globus

Im CAD-3D werden Kreise, Kurven, Zylinder, Kegel, Kugel, krumme Flächen stets durch Polygone bzw. Prismen, Pyramiden bzw. durch ebene Flächen (dreieckige oder viereckige ebene „Maschen“) angenähert. GAM nähert einen Kreis durch ein regelm. 40-Eck, einen Zylinder durch ein 40-seitiges Prisma an usw. Die Annäherung durch 40-seitige Gebilde hat sich als ausreichend erwiesen.

Mittels Kreisflächen soll ein Erdmodell ( $r = 10$ ) erzeugt werden. Darzustellen sind Äquator, Nullmeridian, Breitenkreis mit der geogr. Breite  $47^{\circ}12'$ , Längenmeridian mit der geogr. Länge  $15^{\circ}28'$  und die Achse.



Mit dem Menüpunkt *2D-Objekte – Kreis – in [xy] - Ebene*,  $r = 10 \cdot \cos(47+12/60)$ , wird der Breitenkreis erzeugt, der um den Vektor  $(0,0, 10 \cdot \sin(47+12/60))$  zu verschieben ist.



Analog werden die restlichen Kreise erzeugt. Die Achse wird als Strecke  $(0,0,12)-(0,0,-12)$  mit dem Menüpunkt *2D-Objekte – Strecke* erzeugt.

Damit die Sichtbarkeit korrekt ermittelt werden kann, müssen alle Objekte „vereinigt“ werden und zwar mit *Modellieren – alle Schnittelemente* !

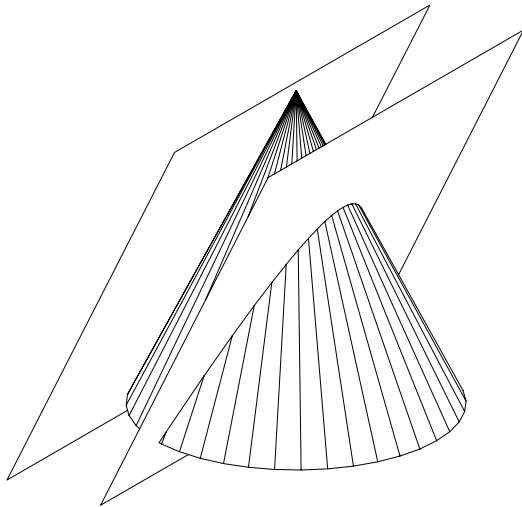
```
'Globus
KXY schwarz
S(10*cos(47+12/60),10*cos(47+
12/60),1)
T(0,0,10*sin(47+12/60))
KXY schwarz
S(10,10,1)
KXZ schwarz
S(10,1,10)
KXZ schwarz
S(10,1,10)
D(0,0,15+28/60)
STRECKE schwarz
DEF(0,0,12,0,0,-12)
```

Das Protokoll des Projektes vor der Vereinigung ist oberhalb zu sehen.

### KEGELSCHNITTE

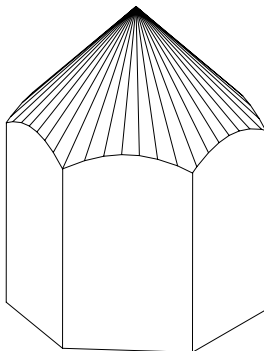
Ein Drehkegel ( $r = 3$ ,  $h = 6$ ) soll nach einer Parabel geschnitten werden. Die Schnittebene muss die Neigung der Kegel-erzeugenden erhalten ( $\arctan(2)$ ) und soll durch ein Quadrat  $8 \times 8$  cm repräsentiert werden. Um dies zu erreichen, wird das in der  $[xy]$  - Ebene liegende Quadrat um die  $x$  - Achse um den Winkel  $\arctan(6/3)$  gedreht. Die weiteren Schritte sind dem Protokoll zu entnehmen. Mit dem Menüpunkt *Modellieren – alle Schnittelemente* angewendet auf den

Kegel und die Schnittebene ergibt sich der gewünschte Kegelschnitt.  
Ebenfalls dargestellt ist die Prüfebene.

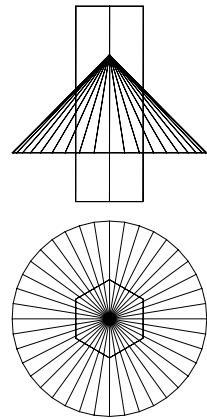


```
'Protokoll
'Kegel
DK1
  S(3,3,6)
'Schnittebene
QXY
  S(8,8,1)
  T(-4,-1,0)
  D(ATN(6/3),0,0)
  T(0,-3,0)
'Prüfebene
QXY
  S(8,8,1)
  T(-4,-1,0)
  D(ATN(6/3),0,0)
  T(0,-1,0)
```

Zur Demonstration des Schnittes eines Drehkegels nach einer Hyperbel wird ein sechseckiges Prisma ( $r = 4$ ,  $h = 20$ ) kegelförmig „abgedreht“. Das geschieht mit dem Menüpunkt *Modellieren – Durchschnitt*.

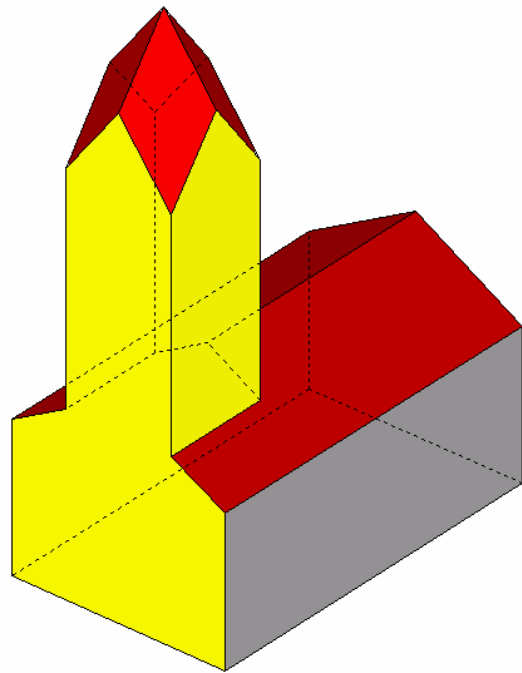


```
'Protokoll
DK1
  S(10,10,10)
PR6G2
  S(4,4,20)
  T(0,0,-5)
```



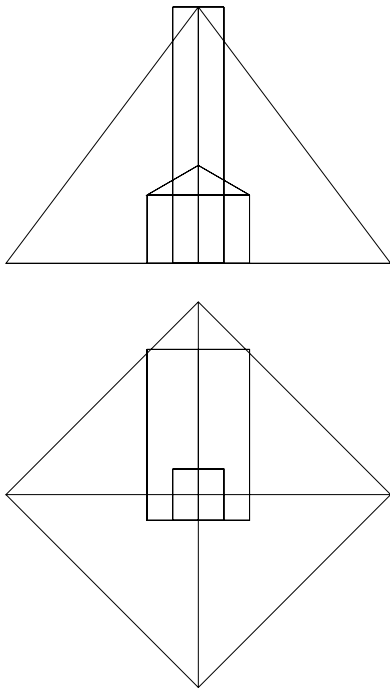
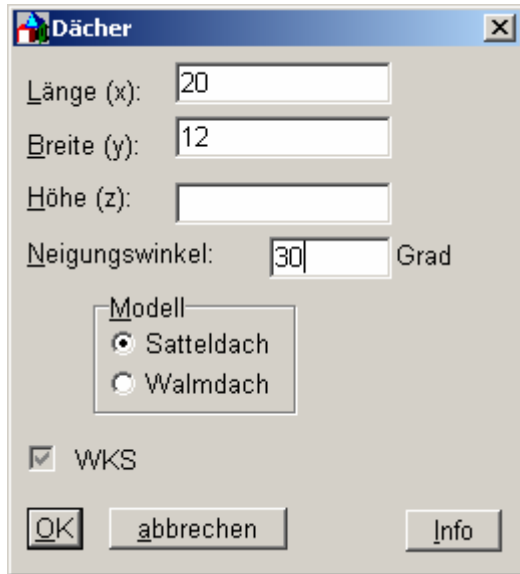
## KIRCHE

Die Modellierung der Kirche ist mit 4 Grundkörpern möglich. Das SCHIFF ergibt sich als Vereinigung eines Quaders ( $20 \times 12 \times 8$  m) mit einem Satteldach (Neigungswinkel  $30^\circ$ ). Der TURM ( $6 \times 6 \times 30$  m), Neigungswinkel des Rhombendaches  $62^\circ$ , wird als Durchschnitt einer regelm. 4-seitigen Pyramide ( $h = 30$  m,  $a = 2h/\tan 62^\circ$ ) mit



einem Quader ( $6 \times 6 \times 30$  m) erhalten.  
Mit dem Menüpunkt *3D-Objekte-weitere...-Dächer - Modell Satteldach* kann ein Satteldach erzeugt werden. Der First liegt immer in x - Richtung. Von Breite, Höhe und Neigungswinkel können 2 Bestimmungsstücke wahlweise eingegeben werden. GAM verwendet intern den Grundkörper EK (Einheitskeil, siehe Protokoll).  
Die Seitenkante für die regelm. vierseitige Pyramide errechnet sich mit  $a = 2h/\tan 62^\circ$ .  
Die Pyramide wird mit einer Schiebung,

Vektor(17,6,0), in die richtige Position gebracht.



```
'Protokoll
'Quader für SCHIFF
EW schwarz
  S(20,12,8)
'Satteldach für SCHIFF
EK schwarz
  S(20,12,3.4641016)
  Sxy(0,0.5*(12),3.4641016)
'verschieben
  T( 10.0, 6.0, 8.0)
'Quader für TURM
EW schwarz
  S(6,6,30)
  T(14,3,0)
'Pyramide für Rhombendach
```

```
PY4G1 schwarz
  S(22.5585207,22.5585207,30)
  T( 17.0, 6.0, 0.0)
```

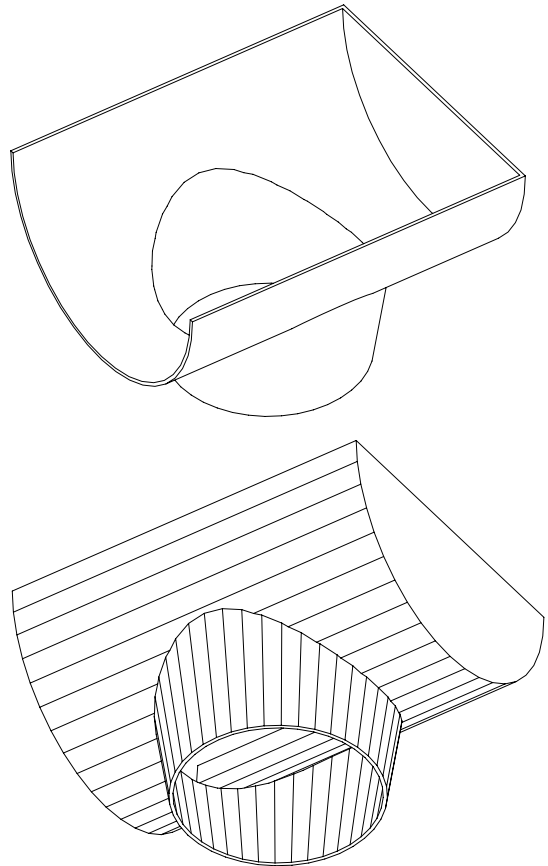
## DACHRINNE

Das abgebildete Dachrinnendetail ist als Volumenmodell zu modellieren.

Halbzylinder:  $r = 80 \text{ mm}$ ,  $h = 200 \text{ mm}$ , Wandstärke  $2 \text{ mm}$ .

Konischer Abfluss, Kegel:  $r_1 = 70 \text{ mm}$ ,  $h_1 = 480 \text{ mm}$ , Wandstärke  $w = 2 \text{ mm}$

Höhe des Kegelstumpfes:  $120 \text{ mm}$ .



Zuerst wird die Vereinigung des äußeren Zylinders mit dem äußeren Kegel ermittelt:

Drehzylinder:  $r = 80$ ,  $h = 200$

Drehung um x – Achse um  $90^\circ$

Verschieben um  $(0,100,0)$

Drehkegel:  $r_1 = 70$ ,  $h_1 = -480$

Die Differenz mit dem Zylinder

Drehzylinder:  $r_i = 78$ ,  $h = 200$

Drehung um x – Achse um  $90^\circ$

Verschieben um  $(0,98,0)$

ergibt die zylindrische Aushöhlung.

Jetzt Trennen (*Modellieren – Trennen, ebener Schnitt*) mit den Ebenen // zur [xy]-Ebene im Abstand  $z = 0$  und  $z = -120$ . Löschen der oberen Zylinderhälfte und des unteren Kegelrestes.

Die Differenz mit einem passenden Kegel ergibt schließlich das Dachrinnendetail.

Drehkegel:  $r_2 = 68$ ,  $h_2 = -466$

Die Wandstärke ist aber nicht exakt  $w = 2$ .

Soll die Wandstärke für den Kegelstumpf exakt  $w = 2$  mm betragen, kann man über Proportionen  $r_2$  und  $h_2$  bestimmen:

$$r_2 = r_1 - \frac{w\sqrt{r_1^2 + h_1^2}}{h_1}, \quad h_2 = r_2 \frac{h_1}{r_1}$$

In die Eingabefelder für R und H für den Drehkegel sind einzugeben:

Radius:  $70 - 2 \cdot \sqrt{(70 \cdot 70 + 480 \cdot 480)} / 480$

Höhe:

$(70 - 2 \cdot \sqrt{(70 \cdot 70 + 480 \cdot 480)} / 480) \cdot 480 / 70$

Bei der Abbildung von Prismen, Pyramiden mit 40 und mehr Kanten (Mantellinien) kann erreicht werden, dass nur jene Kanten dargestellt werden, die den scheinbaren Umriss bilden. Analog gilt dies für Kuglersatzkörper. Nach Mausklick auf die Schaltfläche für die Wahl der Sichtbarkeit (letzte Schaltfläche am rechten Rand des Programmfensters) erhält man 6 Auswahlmöglichkeiten.



Die vierte, fünfte und sechste Schaltfläche bewirken, dass bei der Abbildung nur jene Kanten von Zylinder- und Kuglersatzkörpern gezeichnet werden, die zum Umriss gehören.

### Kette

Aus einem Kettenglied ist die abgebildete Kette zu erzeugen. Ein geeignet gewähltes Benutzerkoordinatensystem  $[x_1, y_1]$  leistet dabei gute Dienste. (Siehe Seite 9)

Ein Kettenglied soll als Volumenmodell erzeugt werden. Materialstärke sei  $h = 1$  cm. Der äußere rechteckige Rahmen habe die



Abmessungen  $b \times a$ ,  $b = 8$ ,  $a = 15$ , die Rahmenstärke sei 1.25.

Der rechteckige Rahmen **R** ist schnell als Differenz zweier Quader **Q1** und **Q2** erzeugt.

**Q1** :  $8 \times 15 \times 1$

**Q2** :  $5.5 \times 12.5 \times 1$ , Verschiebung  $(1.25, 1.25, 0)$

Die Differenz verschieben wir noch um  $(-4, -7.5, 0)$ .

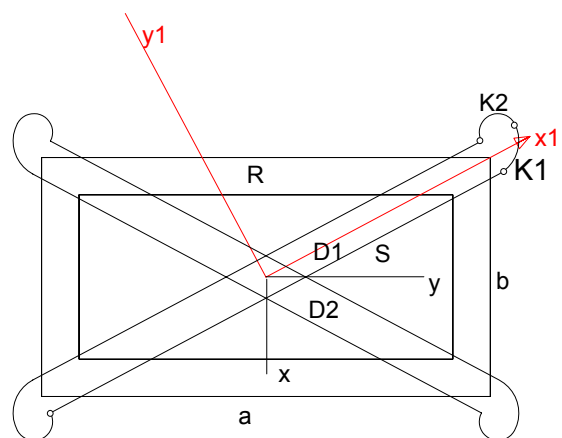
Um das Diagonalelement **D1** als zylindrische Fläche mit der Höhe  $h$  erzeugen und parallel

zu einer Koordinatenachse anordnen zu können, wird mit *Bearbeiten* - *Benutzerkoordinatensysteme* ein BKS mit der  $x$  - Achse  $x_1$  in der Rahmendiagonale erzeugt und aktiviert.

Leitlinie ist die geschlossene Figur bestehend aus 2 Strecken, 2 Viertelkreisen und 2 Halbkreisen. Wir brauchen nur die Elemente **S**, **K1** und **K2** erzeugen. Die Länge der Strecke **S** ist gleich der Länge der Diagonale des äußeren Rahmens. Die Länge  $d$  stellen wir mit *Bearbeiten* - *Messen* - *Strecke* fest ( $d = 17$ )

**S** : Strecke  $(-8.5, -0.625, 0) - (8.5, -0.625, 0)$

**K1** : Kreissektor  $r = 1.25$ ,  $w_1 = 270$ ,  $w_2 = 360$ ,  
Modell Bogen in  $[xy]$ -Ebene,



Verschiebung  $(8.5, 0.625, 0)$

**K2** : Kreissektor  $r = 0.625$ ,  $w_1 = 0$ ,  $w_2 = 180$ ,  
Modell Bogen, Verschiebung  $(9.125, 0.625, 0)$ .

Die Verschiebungen können auch mit *Transformieren* - *Bewegen* bewerkstelligt werden. Man drückt nach Wahl des Anfangspunktes und des Endpunktes (sie können "gefangen" werden) des Schiebvektors die  $\langle \text{enter} \rangle$  - Taste.

**S**, **K1** und **K2** werden zusammen um die  $z$  - Achse um  $180^\circ$  gedreht ( 1 x kopieren) und die 6 Elemente mit *Modellieren* - *Zusammenfassen* zu einem Objekt **L** zusammengefasst.

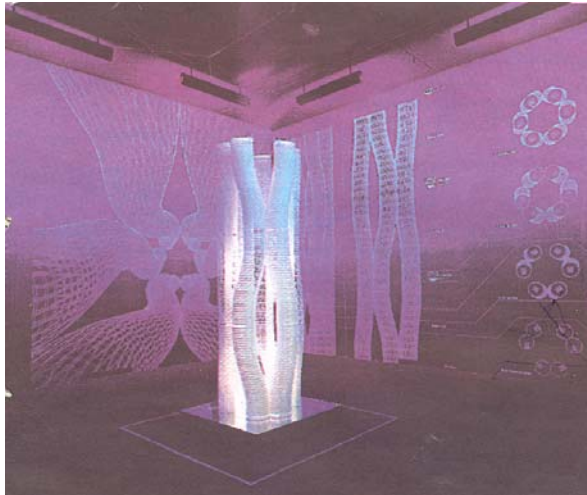
Mit *3D* - *Objekte* - *allg. Prismen- und Zylinderflächen*, Leitkurve **L**, Höhe in  $z$  - Richtung  $z = 1$  wird das Diagonalelement **D1** erzeugt. **L** kann gelöscht werden. Das zweite Diagonalelement **D2** ist eine Kopie von **D1** und entsteht durch Spiegeln an der  $[yz]$  - Ebene, aber bezogen auf das WKS (Weltkoordinatensystem).

Jetzt braucht nur noch mit *Modellieren* - *Vereinigen* **D1** mit **D2** und das Ergebnis mit **R** vereinigt werden.

Mit dem entstandenen Kettenglied lässt sich durch passende Transformationen die gewünschte Kette erzeugen.

### Vision im Hochbau

Man überlege, wie das untenstehende Beispiel einer Vision im Hochbau realisiert werden kann.



Vision im Hochbau  
Landesmuseum Joanneum  
Kulturhauptstadt Graz 2003

Im folgenden soll eine Lösung mittels Schiebflächen versucht werden. Ein Kreis  $k$  mit dem Radius  $r$  soll längs einer Schraubenlinie  $s_1$  mit dem Radius  $r_1$  verschoben werden. Wenn  $r_1$  gegeben ist, soll  $r$  so gewählt werden, dass zu Beginn ( $z = 0$ ) und nach  $360^\circ$  je 2 der 6 Türme einander berühren, am Ende sich aber jeweils die Nachbartürme berühren. Weiter sollen Drehzylinder vom Radius  $r_1$  realisiert werden, die jeweils vollständig innerhalb des jeweiligen Turmes liegen.

Bei Verschiebung von  $k$  längs  $s_1$  beschreibt  $M$  ebenfalls eine Schraubenlinie mit dem Radius  $r_1$ .  $r$  ist nun so zu bestimmen, dass die "äußerste" Lage  $k_1$  von  $k$  gerade die  $[xz]$ -Ebene berührt. Wählt man eine Anordnung im gleichseitigen Dreieck mit der Seite  $a$  muss  $M_1$  in der Symmetrieebene zweier Höhen im gleichseitigen Dreieck liegen. Es gilt  $OM_1 = a/3$ ,  $r + r_1 = a/6$

Daraus ergibt sich für

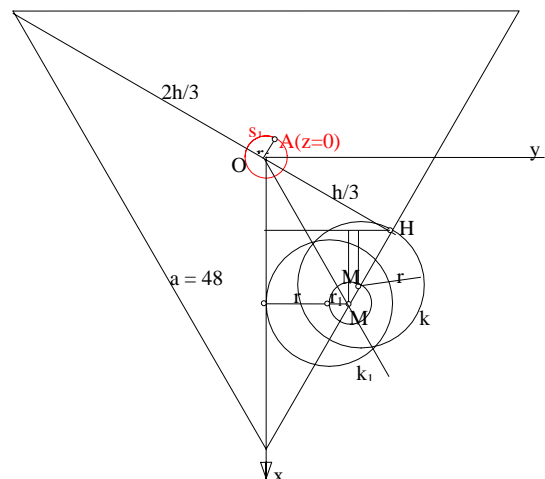
$$r = \frac{a}{6} - r_1$$

Mit *Bearbeiten - Variable* legt man am besten folgende Variablenliste fest:

$a=48$   
 $r_1=a/24$   
 $w3=\text{sqrt}(3)$

$$\begin{aligned} r &= a/6 - r_1 \\ x_2 &= a/6 * w3 - r_1/2 * w3 \\ y_2 &= a/6 + r_1/2 \end{aligned}$$

$M(x_2, y_2, 0)$  ist der Mittelpunkt des Kreises  $k$ , der als Leitkurve für die Schiebfläche dient, die den ersten Turm ergeben soll. Wir erzeugen zunächst einen Kreis in der  $[xy]$ -Ebene: *2D - Objekte - Kreis*, Radius  $r$ . Er wird um den Vektor  $(x_2, y_2, 0)$  verschoben.



Als Schiebkurve erzeugen wir die Schraubenlinie  $s_1$  mit *3D - Objekte - weitere... - Raumkurven*:

$$x(t) = r_1 * \cos(t)$$

$$y(t) = r_1 * \sin(t)$$

$$z(t) = 0.25 * a * t * 3.14159 / 180$$

Startwert: 0, Endwert:  $360 + 120$

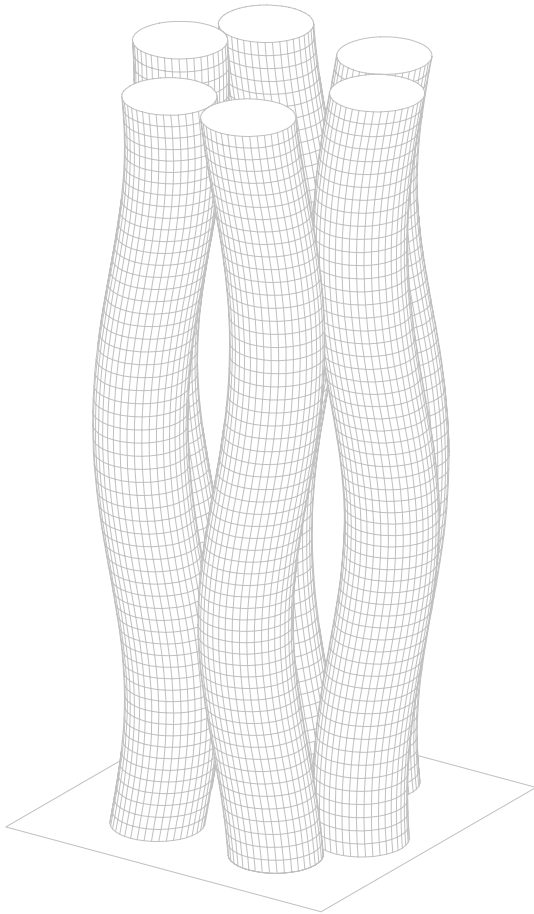
Unterteilungen: 60.

$s_1$  wird anschließend um  $150^\circ$  um die  $z$ -Achse gedreht, damit der Anfangspunkt von  $s_1$  mit  $A(z=0)$  zusammenfällt.

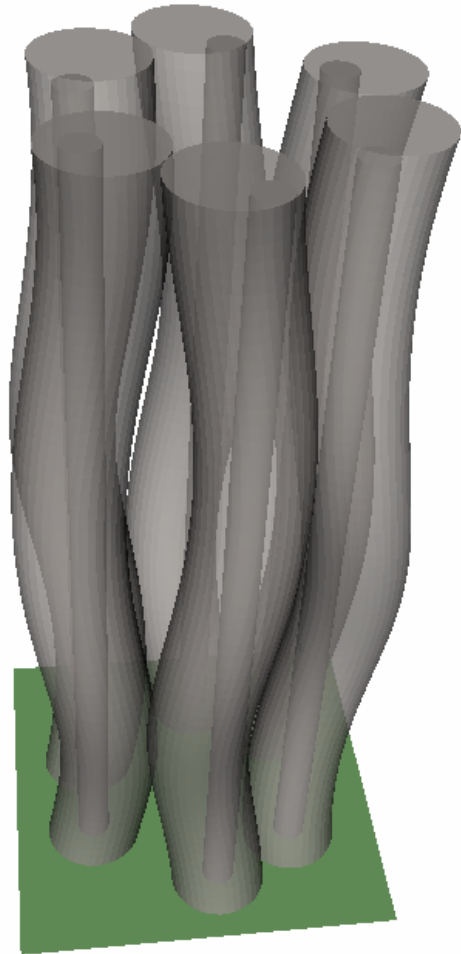
Mit *3D - Objekte - weitere... - Schiebflächen* wird nun der erste Turm **T1** erzeugt. Mit *wähle Leitkurve* wird der Kreis  $k$  festgelegt, mit *wähle Schiebkurve* wird die Schraubenlinie  $s_1$  festgelegt. Anschließend speichern wir **T1** mit *Datei - Objekt speichern unter* „Name: **turm**“, in das gewünschte Verzeichnis.

**T1** wird an der  $[xz]$ -Ebene gespiegelt und kopiert: **T2**. **T1** und **T2** werden anschließend um  $120^\circ$  um die  $z$ -Achse gedreht und je 2 Kopien angefertigt. Die 6 Türme sind fertig.

Die anfangs erwähnten Drehzylinder mit dem Radius  $r_1$ , sie sollen innerhalb jedes Turmes liegen, sind noch passend zu erzeugen. Als Basis wurde noch ein Quadrat ( 2D - Objekte - Quadrat, Seitenlänge  $a$ , Verschiebung um  $(-a/2, -a/2, 0)$ ) hinzugefügt.



Animierte Objekte lassen sich in GAM beim Export als VRML - Datei transparent darstellen. Um auch ein nicht animiertes Objekt transparent darstellen zu können, muss vor dem Export mit *Bearbeiten – ändern - Transparenz* der Prozentwert der gewünschten Transparenz für die auszuwählenden Objekte (TURM, 25%) eingegeben werden. Der Prozentwert ist keine ‚Objekteigenschaft‘, wird daher nicht als solche gespeichert, muss also vor jedem VRML – Export neu eingestellt werden.



## NETZKONSTRUKTIONEN

Das Entwickeln von NETZEN, um Modelle herzustellen, ist eine hervorragende Möglichkeit, die Raumvorstellung und das Raumdenken zu fördern und zu schulen. Das Netz eines Schachtes – gerades quadr. Prisma **Pg** (4x4x2 cm) und schiefes Prisma **Ps** – kann mit dem Menüpunkt *Modellieren – Netz – Netz* erzeugt werden. GAM kann die Abwicklung von Objekten mit einer Struktur eines Prismen-, Zylinder-, Pyramiden- oder Kegelmantels automatisch erstellen. Daher entfernen wir mit *Modellieren – Flächen entfernen* die Grund- und Deckflächen der beiden Prismen. Der genannte Menüpunkt organisiert im Wesentlichen die Bewegung der einzelnen Seitenflächen des Objektes in eine Ebene und zwar in eine Ebene parallel zur [yz] – Ebene. Als Arbeitsansicht eignet sich daher ein Frontalriss. Um die Grundfläche dem Netz hinzufügen zu können, erzeugen wir ein Quadrat **Qu** (4 x 4) und verschieben es in die richtige Position. Ein Raster in der Ebene des Netzes ist hilfreich.

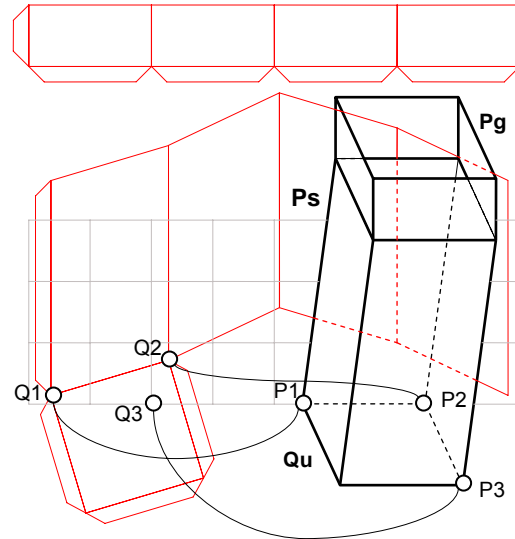
### Menüpunkt NETZ

1. Wahl des geraden Prismas. Das Netz des Mantels wird automatisch erstellt. Klebelaschen können später angebracht werden.
2. Wahl schiefen Prismas. Das Netz des Mantels wird automatisch erstellt.
3. Um das Quadrat **Qu** dem Netz des Prismas **Ps** anzufügen, blenden wir zunächst **Ps** aus. Menüpunkt *Netz – Netz*, Wahl von **Qu**, ergänzen des bestehenden Netzes von **Ps**, Übertragen von Qu: P1 -> Q1, P2 -> Q2, P3 -> Q3. Q3 legt die Seite fest, in der Qu angefügt werden soll. Der Vorgang des Bewegens kann in jeder Situation mit <esc> abgebrochen werden. Das Netz kann später ergänzt werden.
4. Zeichnen der Klebelaschen durch Wählen der zukünftigen Faltkante.
5. Beenden mit <esc>

Das Zeichnen und Löschen von Klebelaschen kann auch zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Menüpunkt *Modellieren – Netz – Klebelaschen* bzw. *Klebelaschen löschen*.

Auch von einem Objekt mit nur 1 Fläche kann mit *Modellieren – Netz* das „Netz“ ermittelt werden. Damit ist es möglich, Teilnetze zu

einem Gesamtnetz zu vereinigen, oder zu einem bestehenden Netz ebene Figuren hinzuzufügen, so dass die Funktionalität der Menüpunkte *Modellieren – Netz – Klebelaschen* und *Modellieren – Netz – Klebelaschen löschen* bestehen bleibt. (Das ist mit *Modellieren – alle Schnittelemente* ja nicht der Fall).



### Hinweis

Ein NETZ ist ein Objekt bestehend aus 1 Fläche und einer Reihe von Kanten. Die Faltkanten kommen dabei aus internen Gründen doppelt vor. Wenn eine Kante des Netzes mit *Modellieren – Kante(n) entfernen* entfernt wird, geht der Charakter „Netz“ verloren und das Objekt kann mit den Menüpunkten *Modellieren – Netz* nicht mehr bearbeitet werden.

## VARIANTEN Konstruktion im CAD Verwenden von VARIABLEN in GAM

Mit Hilfe des Menüpunktes *Bearbeiten – Variable* VARIABLE definieren (Abbildung 1). In Eingabefeldern können dann (nach erfolgreicher Syntaxprüfung (Schaltfläche „Variablen Prüfen“) statt der Zahlenwerte die entsprechenden Variablennamen eingegeben werden.

Im Beispiel (Abbildung 2) soll die optische Wirkung der Veränderung des Abstandes *d* am Fliesenboden dargestellt werden.

Mit dem Menüpunkt *2D-Objekte – Rechteck* (Eingaben, siehe Abbildung 3) wird zunächst eine Fliese erstellt. Ein zweites Rechteck hat die Länge *b* und die Breite *a* und wird anschließend verschoben (*transy* = *b* + *d*, Abbildung 4).

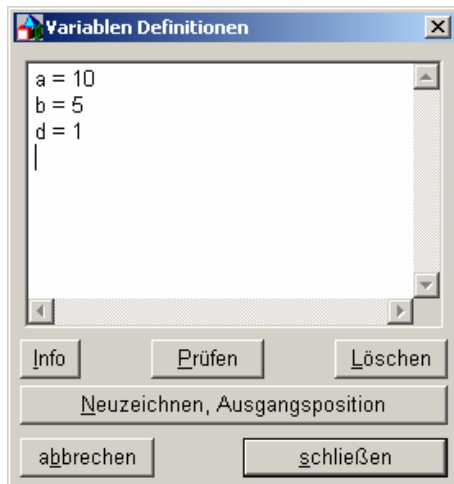


Abb. 1



Abb. 5

Um eine mit Fliesen belegte Diagonale zu erhalten, werden beide Rechtecke verschoben ( $\text{trans } x = \text{trans } y = b + d$ ) und 9 mal kopiert (Abbildung 5).

Will man nun eine VARIANTE sehen, ändert man im Variablenfenster  $d$ , z.B.  $d = 1.5$ . Klicken der Schaltfläche „Neuzeichnen“ ändert für alle Fliesen den Abstand  $d$  auf den neuen aktuellen Wert! (Abbildung 6 und 7)

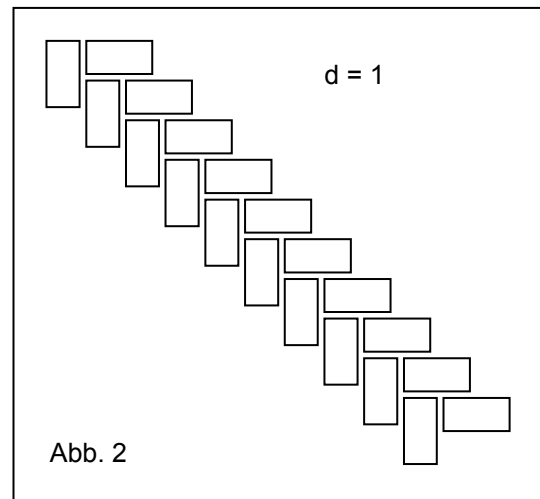


Abb. 2

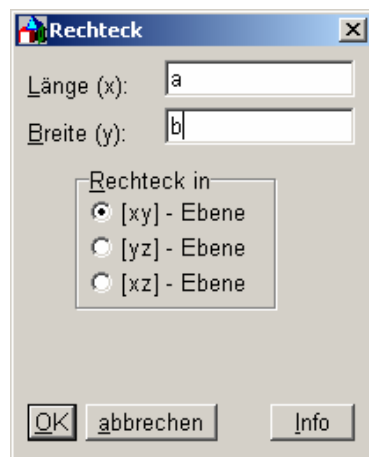


Abb.3



Abb. 4

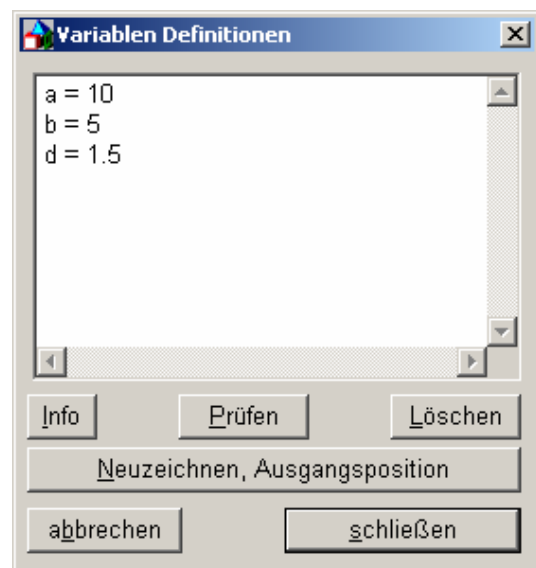


Abb. 6

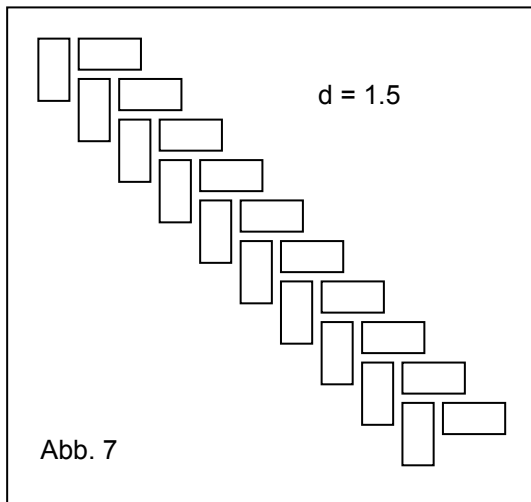


Abb. 7

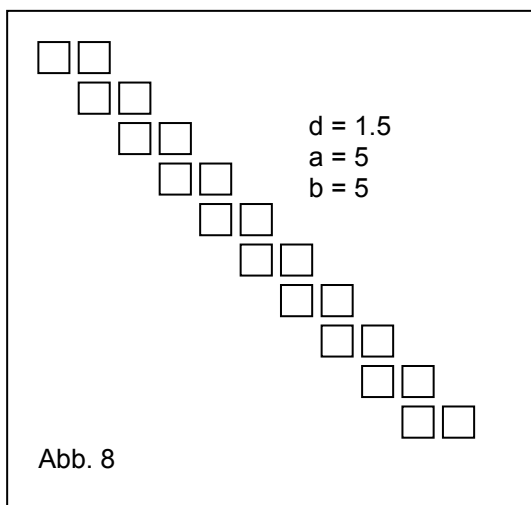


Abb. 8

Natürlich kann man auch die Fliesenabmessungen a bzw. b variieren. (Abb. 8, 9)

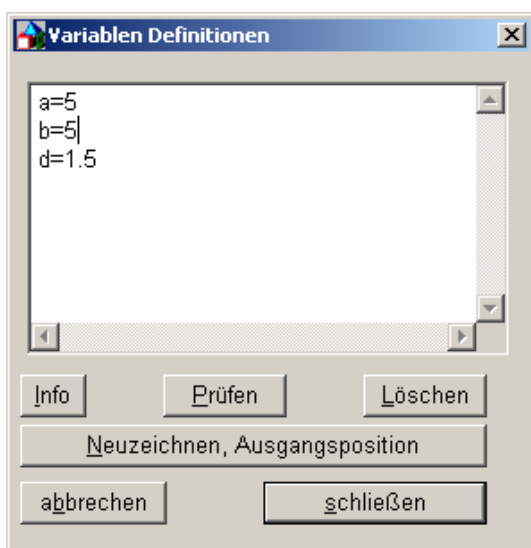


Abb. 9

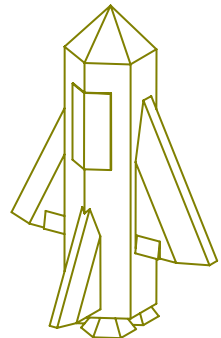
#### Bemerkungen:

- Variablendefinitionen sind global und gelten ab Neudefinition (Menüpunkt *Bearbeiten – Variable*).
- Variablennamen (links vom „=" Zeichen) bestehen aus Buchstaben und Ziffern. Das erste Zeichen muss ein Buchstabe sein.
- rechts vom „=" Zeichen dürfen Konstante, Variable und Terme stehen (z.B.  $a2=b1*\tan(55)$ ).
- aber rekursive Variablendefinitionen (z.B.  $r = r + 2$ ) sind nicht erlaubt.
- werden die Variablendefinitionen während des Arbeitens an einem Projekt gelöscht oder geändert, sind die Funktionen zurück usw. wahrscheinlich nicht mehr korrekt bzw. sinnvoll ausführbar.
- Änderungen von Variablen werden nur wirksam nach Betätigen der Schaltfläche *Neuzeichnen* im Fenster *Variablen Definitionen*. Ausführen des Menüpunktes *Bearbeiten – Neuzeichnen* bewirkt bloß ein Refreshing des Bildschirmes.

#### Animationen mit GAM, Bereichsvariable

##### Beispiel 1

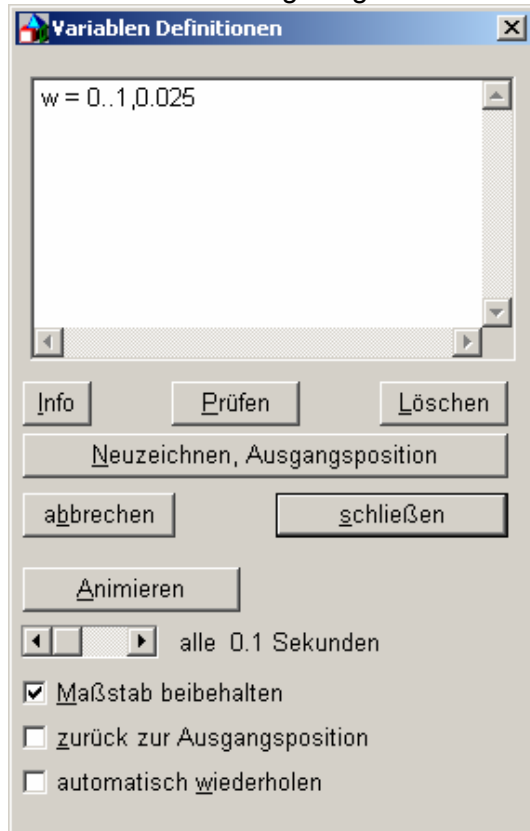
Das abgebildete Objekt (Spaceshuttle, Thomas Mejsstrik, HTL Mödling) soll um seine Achse (z-Achse) rotieren. Folgende Vorgangsweise gewährleistet ein „Rotieren“ um die z-Achse:



1. Mit *Transformieren – Drehen* (Drehwinkel 360, Drehachse z-Achse, Checkbox *animiert aktiviert*) wird im Protokoll dem gewünschten Objekt die Drehung um die z-Achse zugewiesen und ausgeführt. Dabei wird automatisch eine so genannte Bereichsvariable  $w = 0..1, 0.025$  definiert und der Drehwinkel zu  $360*w$  modifiziert und der Startwert  $w = 0$  benützt.
2. Klicken der Schaltfläche „Animieren“ im Variablenfenster bewirkt, dass zuerst die Drehung mit  $w = 0$  durchgeführt wird, dann mit  $w = w + 0.025$ , also  $w = 0.025$  usw. bis  $w = 1$ . Die Variablendefinition kann jederzeit geändert werden, z.B.  $w=0..1, 0.1$

GAM lädt jedes mal die Objekte des Projektes und rechnet das Bild neu. Alle Abbildungseinstellungen sind zulässig. Man

kann z.B. auch die Rotation um die z-Achse in Grund-, Auf- und Kreuzriss beobachten! Bei umfangreicheren Objekten kann das Neuberechnen länger dauern. Bricht man den Animationsvorgang mit der <esc> - Taste ab, wird der zuletzt verwendete Wert der Bereichsvariablen angezeigt.



Normalerweise wird bei jeder neu berechneten Abbildung auch der Abbildungsmaßstab neu gerechnet, so dass die Zeichenfläche optimal genutzt wird. Durch Aktivieren der Checkbox „Maßstab beibehalten“ wird dies verhindert, so dass scheinbare Größenänderungen ausbleiben. Die Checkbox „Maßstab beibehalten“ kann nur aktiviert werden, wenn eine Bereichsvariable definiert ist. Mit dem Scrollbar kann eingestellt werden, dass die nächste Abbildung möglichst schnell, oder nach einem Vielfachen von 0.1 Sekunden erfolgt.

### Beispiel 2

Der Shuttle soll in einem Zentralriss animiert werden, so dass sich die Neigung des Hauptsehstrahles von  $-50^\circ$  bis  $+40^\circ$  kontinuierlich ändert.

1. Im Variablenfenster die Bereichsvariable  $w = 0..1,0.05$  festlegen bzw. ändern. *Variable prüfen.*
2. Mit *Ansicht – Einstellungen – Zentralriss* den Winkel <B mit  $-50 + w*90$  festlegen,

er variiert also von  $-50$  bis  $40$ , restliche Einstellungen vornehmen. Zentralriss zeichnen.

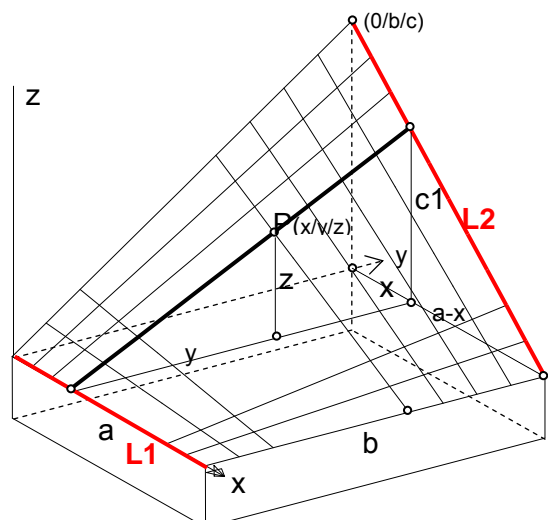
3. *Animieren*, vorher Checkbox „Maßstab beibehalten“ aktivieren.

### Anmerkungen

- Der Befehl „Animieren“ im Variablenfenster berücksichtigt immer nur die erste Bereichsvariable in der Liste der Variablen für eine Animation. Sollten weitere Bereichsvariable vorkommen, wird stets der Startwert für die definierte Variable verwendet.
- Der Befehl „Neuzeichnen“ im Variablenfenster benützt von Bereichsvariablen stets den Startwert.
- Das Hauptmenü ist während einer Animation aktiv, sollte aber nicht benützt werden (es wurde nicht vollständig auf unvorhergesehene Effekte getestet).
- Obwohl bei einer Animation ständig das Protokoll verändert wird, werden vom Protokoll keine Kopien angelegt. (Siehe Funktionen *zurück*, *nach vor*).
- Die Elemente in einer Bereichsdefinition können auch Terme sein.
- Veranlasst man das Neuzeichnen eines Projektes von einem anderem Menüpunkt aus, werden für Variable in Bereichsdefinitionen stets die Startwerte benützt.

### HP - Flächen

HP - Flächen können mit 3D - Objekte - weitere - Flächen  $f(x,y)$  erzeugt werden. Im Beispiel soll die HP - Fläche zwischen den Leitlinien L1 und L2 mit der [yz] - Ebene als Richtebene erstellt werden. Der rechnerische Aufwand ist minimal und man kommt mit dem Strahlensatz aus.



Für die Koordinaten x, y und z irgendeines Flächenpunktes P gelten die Proportionen

$$(1) \quad z : y = c1 : b$$

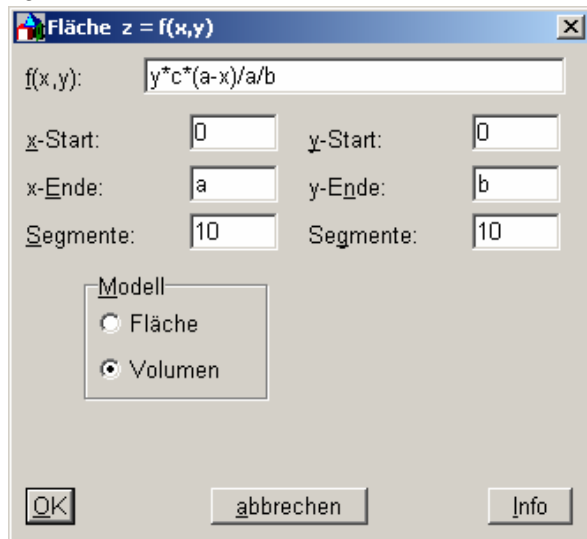
$$(2) \quad c1 : c = (a - x) : a$$

Daraus ergibt sich als Gleichung  $z = f(x,y)$  für die HP - Fläche mit

$$z = y \frac{c(a - x)}{ab}$$

Legt man mit *Bearbeiten - Variable* z.B. fest:  $a = 10, b = 12, c = 8$ , kann die HP-Fläche mit *3D - Objekte - weitere - Flächen  $f(x,y)$*  definiert werden:

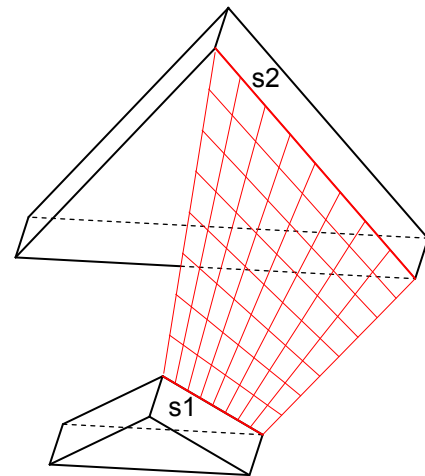
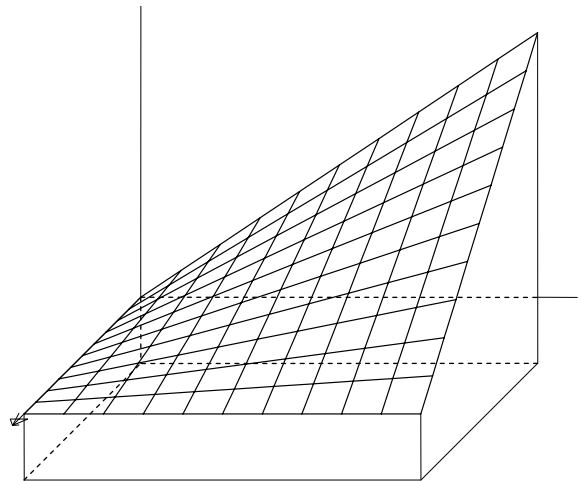
Speichert man das Projekt, hat man ein Skript zur Verfügung, in dem man die Werte der Variablen mit *Bearbeiten - Variable* eventuell ändern und mit *Bearbeiten - Protokoll - editieren - Bearbeiten - Prüfen und ausführen* eine andere HP - Fläche erzeugen kann.



Auch für allgemeinere HP - Flächen dürfte es nicht schwer sein, ein derartiges Skript zu erzeugen.

Mit *3D-Objekte - weitere - Konoid* kann die rein geometrische Festlegung einer HP - Fläche als Regelfläche mit 2 Leitlinien und einer Richtebene erfolgen. Allerdings ergibt sich dann kein Volumenmodell.

Mit *3D-Objekte - weitere - HP-Fläche* kann eine HP - Fläche durch Festlegen eines räumlichen Vierseits s1 und s2 definiert werden.



## Schiefe Axonometrie

Mit GAM lassen sich auch schief-axonometrische Bilder von Objekten erzeugen.

Die Theorie besagt, dass das schiefaxonometrische Bild eines Würfels als normalaxonometrisches Bild eines Quaders erzeugt werden kann. Die Skalierungsfaktoren  $k_x$ ,  $k_y$  und  $k_z$  können in einem Skript abhängig von den gewünschten Winkeln zwischen den Koordinatenachsen  $wzx = \angle(zs, xs)$  und  $wzy = \angle(zs, ys)$  und den Verkürzungsverhältnissen für die schiefe Axonometrie  $vx : vy : vz$  berechnet werden, z.B.  $\angle(zs, xs) = 100^\circ$ ,  $\angle(zs, ys) = 115^\circ$ ,  $vx : vy : vz = 4 : 3 : 5$ .

Folgende Schritte sind auszuführen:

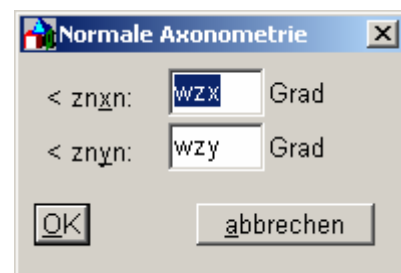
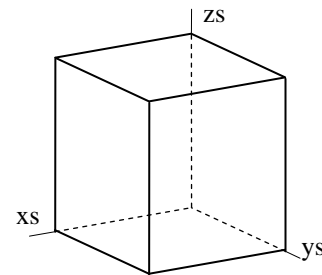
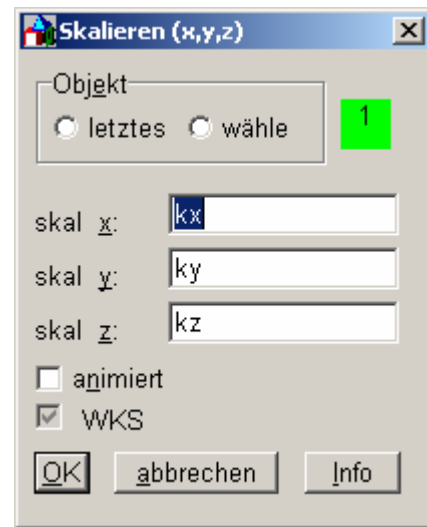
1. mit *Bearbeiten – Variable* sind im Textfeld folgende Variable bzw. Berechnungen einzugeben (*Prüfen* nicht vergessen):  
wzx=100  
wzy=115  
vx=4  
vy=3  
vz=5  
wxy=360-wzx-wzy  
a=wzx-90  
b=wzy-90  
c=wxy-90  
 $kx=vx*\sqrt{\cos(a)*\cos(c)/\sin(b)}$   
 $ky=vy*\sqrt{\cos(b)*\cos(c)/\sin(a)}$   
 $kz=vz*\sqrt{\cos(a)*\cos(b)/\sin(c)}$
2. Das gewünschte Objekt öffnen (hinzufügen).
3. Mit *Optionen – Ansicht – norm. Axonometrie* die gewünschten Achsenwinkel festlegen, OK.
4. Mit *Transformieren – Skalieren(x,y,z)* das Objekt mit ( $k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$ ) skalieren.

Die Schritte 2 und 4 sind für jedes weitere Objekt zu wiederholen.

Natürlich können die Objekte auch generiert werden, müssen aber vor der Skalierung ( $k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$ ) als Objekt zwischengespeichert werden.

Will man diese Vorgangsweise später zur Verfügung haben, empfiehlt es sich, obige Schritte mit dem Einheitswürfel durchzuführen und das Protokoll mit *Bearbeiten – Protokoll – editieren – Datei – exportieren* etwa als Datei *schiefeaxo.gap* zu speichern. Will man bei einer späteren Situation in GAM ein schiefaxonometrisches Bild erzeugen, braucht man nur mit *Bearbeiten – Projekt* – die Datei *schiefeaxo.gap* öffnen, kann dann

eventuell die Winkel  $wzx$ ,  $wzy$  und/oder die Verkürzungsverhältnisse ( $vx$ ,  $vy$ ,  $vz$ ) ändern und die Schritte 2,3 und 4 durchführen. Es gelten folgende Einschränkungen:  
 $90 < wxz, wzy, wxy < 180$ .



## HAUPTMENÜ

### Menü DATEI

#### Neu

Alle Objektdaten werden aus dem Speicher gelöscht. Neubeginn. Variablen werden nach Wunsch gelöscht.

#### Öffnen(Hinzufügen)

Dem aktuellen Projekt kann ein weiteres Projekt hinzugefügt werden.

#### Projekt speichern

Es erfolgt die Speicherung des aktuellen Projektes in die aktuelle Projektdatei, d.h. das Dateiauswahlfenster wird nicht angezeigt, wenn schon einmal gespeichert wurde. Beim ersten mal Speichern wird das Dateiauswahlfenster angezeigt. Gespeichert werden das Protokoll, Variablenliste und die Objektdaten aller modellierten und externen Objekte ins vereinbarte Zielverzeichnis.

#### Projekt speichern unter...

Wie *Projekt speichern*. Das Dateiauswahlfenster wird immer angezeigt.

#### Objekt speichern unter...

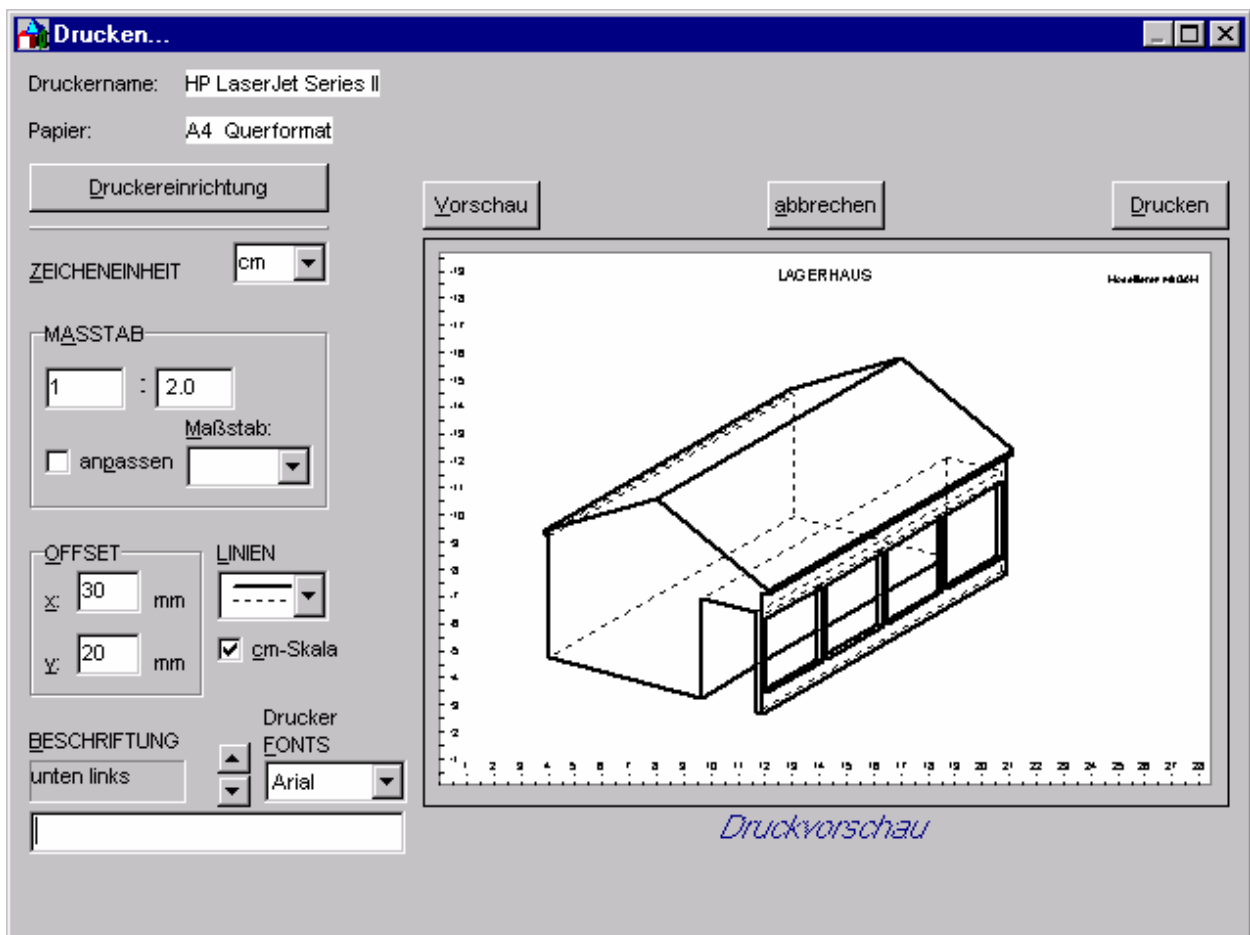
Empfehlenswert, wenn nur 1 (modelliertes) Objekt vorliegt, oder wenn im aktuellen Projekt ein modelliertes Objekt vorkommt, das später weiter bearbeitet werden soll oder als „Baustein“ Verwendung finden soll.

#### Druckereinrichtung...

Hier kann der gewünschte Drucker für die Druckausgabe gewählt werden. Einstellungen am Drucker können je nach Druckertreiber gemacht werden.

#### Drucken

Druckvorschau. Format und Druckereigenschaften sind im Fenster des Druckertreibers einzustellen. Beim ersten Aufruf der Druckvorschau ist das Einstellungsfeld „angepasst“ aktiviert, d.h. der Maßstab für die gedruckte Zeichnung wird aus der verwendeten ZEICHENEINHEIT (mm, cm, dm, m) und der Blattgröße optimiert. Will man maßstäblich drucken ist das Einstellungsfeld zu deaktivieren, anschließend kann ein Maßstab gewählt werden. Die Skalen dienen zur Orientierung am Blatt bei Einstellung der Offset Werte (Verschiebung der Zeichnung) und sollten vor dem Drucken deaktiviert



werden. Mit dem Listenfeld für Linienstärken kann aus 3 unterschiedliche Strichstärken gewählt werden, wobei strichlierte Linien in einer geringeren Strichstärke gedruckt werden. Die Beschriftung der Zeichnung geschieht in einer Kopf- und Fußzeile, die jeweils dreigeteilt ist.

### Bild als Bitmap drucken...

Die Bitmap der Zeichenfläche wird gedruckt. Die Druckerauswahl ist vorher mit *Druckereinrichtung...* vorzunehmen.

### Exportieren Metafile (EMF)

#### <Strg><M> (EMF) → Zwischenablage

Speichern der Zeichnung als Windows – Metafile – Vektorgrafik. Je nach Betriebssystem wird der Dateityp EMF – Enhanced Metafile – verwendet, sonst WMF. Mit diesem Format ist die Einbindung von mit GAM erstellten Zeichnungen in alle Microsoft Office Programme auf einfache Weise möglich. Will man die Zeichnung etwa in einem WORD – Dokument ändern oder ergänzen: *rechte Maustaste – Grafik bearbeiten.*

### Exportieren Bitmap (BMP)

Speichern als Pixelgrafik.

### Export als VRML – Datei.

Mit dem Menüpunkt *Datei – exportieren – VRML* lässt sich die aktuelle Zeichnung als VRML – Datei speichern. Die Dateierweiterung ist automatisch *wrl*. Öffnet man die exportierte Datei ausserhalb von GAM und ist am Rechner ein entsprechendes Programm für die Anzeige solcher Dateien z.B. in einem Internetbrowser installiert, kann man die Zeichnung in 3D intuitiv animieren. Als Anzeigeprogramme sind zu empfehlen:

*Cosmoplayer*

*ParallelGraphics Cortona*

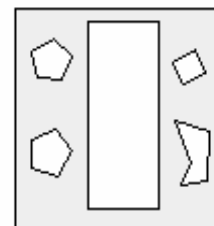
*Blaxxun Contact*

Beim Export als VRML – Datei kann noch bestimmt werden, ob komprimiert (auf ca 25%) oder nichtkomprimiert ausgegeben werden soll. GAM führt die Datei *gzip.exe* (Freeware, Informationen siehe <http://www.gnu.org/software/gzip/gzip.html>) aus, die sich bei ordnungsgemäßer Installation im Programmverzeichnis befindet. GAM erzeugt dabei die temporäre Datei *~TEMP.WRL*, die wieder gelöscht wird. Im Fehlerfall wird unkomprimiert ausgegeben.

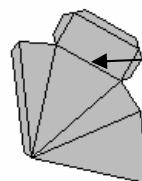
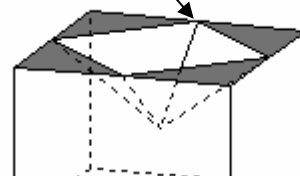
GAM kann nicht alle Facettentypen richtig in eine VRML – Datei integrieren, aber doch die meisten. Bei folgenden typischen Fällen

kommt eventuell die Fehlermeldung „...Facetten konnten nicht zerlegt werden...“. Dass trotzdem gute Ergebnisse möglich sind zeigt das mit GAM modellierte Objekt „Klemmhalterung“ weiter unten. Beim Verwenden von Objekten, die mit *Modellieren – alle Schnittelemente* erzeugt wurden, können auch Unstimmigkeiten auftreten.

Es gibt mehrere kleine und „große“ Ausnehmungen (als Folge von Differenzbildungen). Facetten mit vielen „kleineren“ Ausnehmungen werden meist richtig exportiert.



Facettenpunkte liegen auf Facettenkanten



Es gibt „Doppelkanten“, wie etwa bei Objekten, die mit *Modellieren – Netz* erstellt wurden.

Problemsituationen:

Via [www.gam3d.at](http://www.gam3d.at) kann die Datei *GAMVrmls.exe* heruntergeladen werden. Sie enthält in gepackter Form etwa 80 mit GAM erzeugte VRML – Dateien.

### Anmerkungen

Erzeugt man in GAM ein Projekt nur zum Zwecke des Exports als VRML - Datei, kann in GAM auf die BOOLEsche Operation Vereinigung verzichtet werden. Die Anzeigeprogramme für VRML - Dateien erzeugen durch den internen Färbealgorithmus automatisch die Vereinigung.

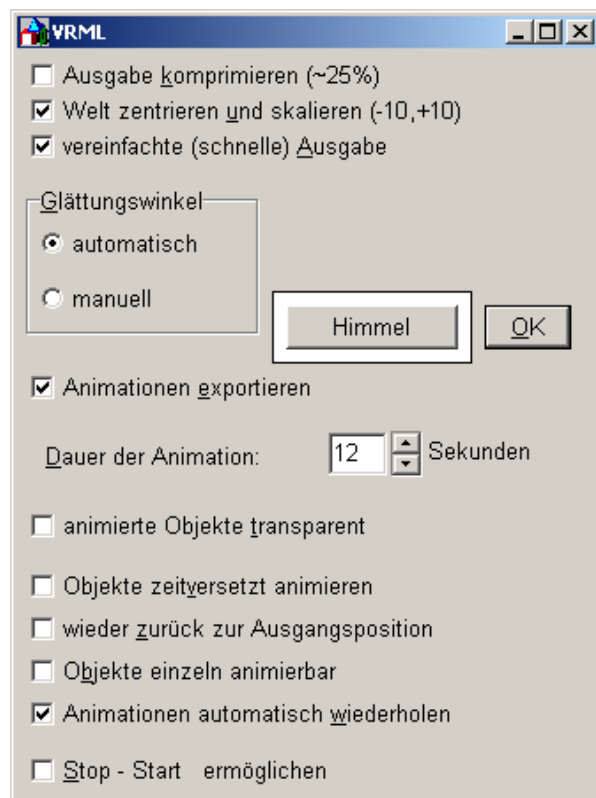
Der VRML – Export von Objekten mit sehr vielen Seitenflächen (1000 und mehr) kann mehrere Minuten dauern.

Beim VRML-Export wird automatisch eine Koordinatentransformation vorgenommen, so dass der Koordinatenursprung in der „Mitte der Welt“ zu liegen kommt und dass die Ausdehnung der „Welt“ in den Koordinatenrichtungen jeweils zwischen -10 und + 10 liegt.

Da das Testen dieser neuen Möglichkeit von GAM sehr zeitaufwendig ist, würde ich mich über Rückmeldungen über VRML-Probleme im Zusammenhang mit GAM sehr freuen.

### Berücksichtigung von Animationen.

Betrifft im Projekt animierte Transformationen: Parameter, die Transformationen eines Objektes bestimmen, enthalten Bereichsvariable, die von GAM innerhalb



gegebener Grenzen (Anfangswert, Endwert) automatisch verändert werden. Wurde mit dem Menüpunkt *Bearbeiten – Variable, Animationen...* eine Bereichsvariable definiert, erhält man mit dem Menüpunkt *Datei – exportieren – VRML* die Möglichkeit, auch die Animationen zu exportieren, wobei noch Auswahlmöglichkeiten die Art der Animation im VRML – Browser betreffend zur Verfügung stehen.

Alle animierten Objekte werden mit einem sogenannten TouchSensor ausgestattet. Die Animation des Objektes im VRML – Browser

wird entweder automatisch gestartet oder durch Mausklick auf das betreffende Objekt.

### Anmerkungen:

1. Nur die Transformationen

Verschieben (T)  
Drehung um eine Koord.achse (D)  
Drehung um eine bel. Achse (DG)  
Schraubung längs einer  
Koordinatenachse oder längs einer  
beliebigen Achse  
zentrische Streckung (Z)

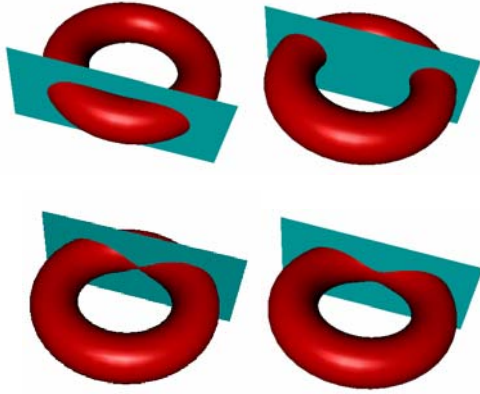
werden beim VRML – Export berücksichtigt.

2. Pro Objekt können maximal 3 der genannten Transformationen aus den Gruppen (D,Z,T) bzw. (DG,Z,T) „animiert“ sein. Das ist für die meisten Anwendungen ausreichend.
3. Es dürfen nicht zwei gleichnamige animierte Transformationen vorkommen.
4. Ist eine Verschiebung animiert, muss diese die letzte im Protokoll sein.
5. Ist eine Drehung animiert, muss sie die erste der animierten Transformationen im Protokoll sein.
6. Damit die „animierten“ Transformationen eines Objektes in GAM und im VRML – Browser dieselbe Wirkung haben, müssen sie die letzten Transformationen sein, die in GAM auf dieses Objekt ausgeübt wurden.

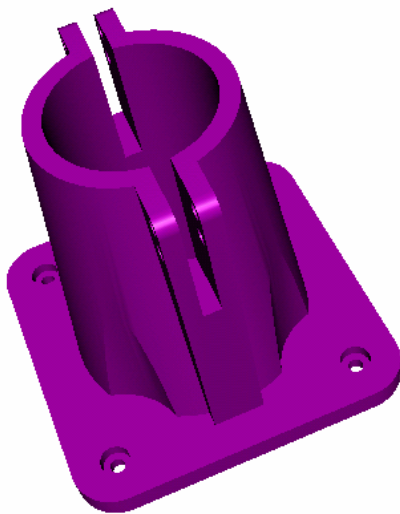
Verwendet man in einer Transformation eine definierte Bereichsvariable (Definition unter *Bearbeiten – Variable*, z.B.  $s = a..e$ ,  $w$  (a Anfangswert, e Endwert, w Schrittweite)) lässt sich diese Transformation mit *Bearbeiten – Variable(Animationen) – animieren* animiert darstellen. Verwendet man in einer Translation z.B. für  $x = x(s) - x(a)$ ,  $y = y(s) - y(a)$ ,  $z = z(s) - z(a)$  erfolgt die Verschiebung in der Animation längs der mit  $x$ ,  $y$  und  $z$  festgelegten Raumkurve, Parameter  $s$ . Diese Animation wird auch korrekt nach VRML exportiert.

Damit hat man die Möglichkeit, die Modellsammlung aus GZ oder DG durch methodisch – didaktisch orientierte VRML – Szenen zu erweitern! Siehe Beispiel *spyrische Linien, ebene Schnitte eines Torus* weiter unten.

### *spyrische Linien*

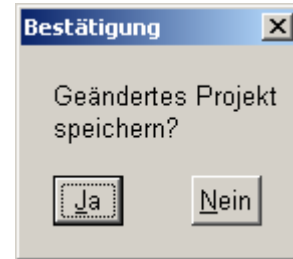


### *Klemmhalterung*



die Datei *gam.txt* im Programmverzeichnis mit einem Texteditor!

Falls ein geändertes Projekt oder Objekt (wenn das Projekt nur aus 1 modellierten Objekt besteht) noch nicht gespeichert wurde, kann der Benutzer vor dem Beenden noch speichern.



### **Exportieren AutoCad 2D (DXF)**

Die Zeichnungsdaten werden in das DXF - Format umgewandelt (\*.dxf) und als Datei gespeichert. Damit besteht die Möglichkeit, die Zeichnung in allen gängigen Textverarbeitungs- und Zeichenprogrammen einzubinden.

### **Ende**

Programm Ende.

Die Dateinamen der letzten 4 geöffneten oder gespeicherten Projekte bzw. Objekte stehen im Menü *Datei* als Menüpunkte zur Verfügung, mit denen das Projekt bzw. das Objekt geöffnet bzw. hinzugefügt werden kann. Bei Beenden des Programms „merkt“ sich GAM die letzten 4 Dateinamen in der Textdatei *gam.txt*, die im Arbeitsverzeichnis gespeichert wird. Außerdem merkt sich GAM auch das zuletzt eingestellte Verzeichnis für temporäre Dateien. Siehe Menüpunkt *Optionen – Verzeichnis für temporäre Dateien*. GAM „merkt“ sich auch Größe und Position des Programmfensters und die Hintergrundfarbe. Öffnen Sie bei Gelegenheit

## **Menü Bearbeiten**

### **zurück (<Strg><Z>)**

Der Stand der Zeichnung vor der letzten Änderung wird aktualisiert. Als Änderung gilt nicht:

Ändern Seitenflächenfarbe oder Ändern der Abbildung.

### **nachvor (<Strg><R>)**

Gegenteil von *zurück*.

### **Protokoll editieren...**

GAM schreibt die in einem Projekt verwendeten Objekte und Transformationen in einer bestimmten Syntax mit. Siehe Kapitel Protokoll und Transformationen. Dieses Protokoll kann im Fenster des Protokolleditors ergänzt, verändert oder auch neu geschrieben werden. Bei einiger Übung ist man mit dieser Methode schneller, als ein Projekt mit den vorgesehenen Menüpunkten zu erstellen. Listenfelder für die möglichen Grundkörper, Farben, Transformationen und Funktionen erleichtern die Arbeit. Eine Kommentarzeile beginnt mit dem einfachen Anführungszeichen ('). Auch Leerzeilen sind erlaubt.

Ein verändertes Protokoll kann mit dem Menüpunkt *Bearbeiten – Prüfen* bzw. *Ausführen* in die Zeichnung umgesetzt werden.

Wenn man im Protokoll mit der linken Maustaste eine Position im Protokolltext aktiviert, wird genau das Objekt im Zeichenfenster markiert (punktiert dargestellt), zu dem die Protokollzeile der Mausposition gehört und umgekehrt. Damit kann man sich im Protokoll besser orientieren und gezielt Änderungen durchführen.

### **Protokoll drucken...**

Das aktuelle Protokoll wird gedruckt.

### **Objekt(e) duplizieren**

Von den Objekten der Auswahl wird ein Duplikat hergestellt. In der Statuszeile ist immer die Anzahl der Objekte des Projektes zu sehen, wenn gerade kein Befehl aktiv ist.

### **Objekt(e) löschen**

Die Objekte der Auswahl werden aus dem Projekt entfernt.

### **Objekt(e) ausblenden**

**Den Rest ausblenden**

Aus Übersichtlichkeitsgründen ist es manchmal sehr praktisch die Objekte einer Auswahl nicht abzubilden. Die ein ausgeblendetes Objekt betreffenden Zeilen im Protokoll haben an erster Position ein " (doppeltes Anführungszeichen).

### **alle Objekte einblenden (Strg><E>)**

Alle ausgeblendeten Objekte werden wieder abgebildet.

### **Schattieren (<Strg><T>)**

Im Bild werden die sichtbaren Begrenzungsflächen der Objekte des Projektes gefärbt. Verwendet wird die Farbe des Objektes bzw. die Farbe, die der Seitenfläche mit *Ändern – Seitenflächenfarbe* zugeordnet wurde. Dabei werden für jede Farbe 16 Farbabstufungen je nach Neigungswinkel der Projektionsrichtung zur Seitenfläche verwendet. Drahtmodell Darstellungen werden natürlich nicht gefärbt. Die Farbe Schwarz wird nicht berücksichtigt. Der zugrunde gelegte Algorithmus arbeitet nicht immer fehlerfrei.

### **Objektinformationen anzeigen**

Vom gewählten Objekt werden die wichtigsten Daten angezeigt. Anschließend kann ein weiteres Objekt markiert und seine Daten angezeigt werden. Der Befehl sollte mit <esc> beendet werden.

### **Messen Punkt**

Nach Wahl eines Punktes werden dessen Koordinaten angezeigt. Eine Koordinate Ihrer Wahl kann in die Zwischenablage von Windows übertragen werden. Siehe Kapitel Nutzen der Zwischenablage von Windows.

### **Messen Strecke**

#### **Messen Fläche**

**Normalabstand eines Punktes von einer Geraden**

**Normalabstand eines Punktes von einer Ebene**

**Abstand zweier Geraden**

**Winkel zweier Geraden**

**Winkel zweier Ebenen**

**Winkel einer Geraden zu einer Ebene**

### **Ändern Objektfarbe**

Die Objekte der Auswahl erhalten die im Farbauswahlmenü eingestellte Farbe als Objektfarbe.

### Ändern Seitenflächenfarbe

Die gewählte Seitenfläche erhält als Flächenfarbe die im Farbauswahlmenü eingestellte Farbe.

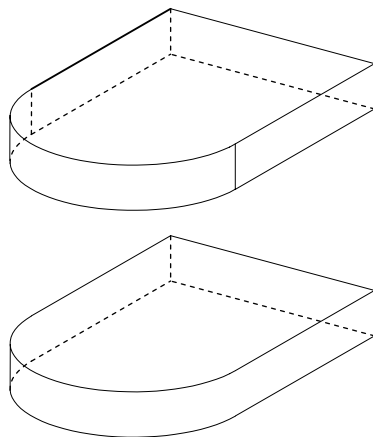
Mehrere Seitenflächen können hintereinander „gefärbt“ werden, wobei zwischendurch auch eine neue Farbe eingestellt werden kann. Die Einfärbung wird in einer Drahtmodelldarstellung nicht sichtbar.

### Zurück an den Anfang (<Strg><A>)

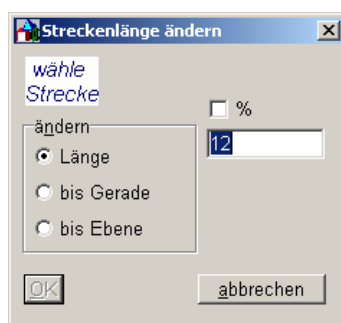
Der Anfangszustand des aktuellen Projektes wird aktualisiert.

### Ändern Kantenmerkmal

Die störenden Kanten in der Abbildung unten erhalten das Merkmal „Erzeugende“ und werden daher im Abbildungsmodus „nur Umriss“ nicht abgebildet. Derselbe Menüpunkt macht dies auch wieder rückgängig. Vorher muss aber in den Modus „Drahtmodell“ umgeschaltet werden.



### Ändern Streckenlänge



### Ändern Transparenz

Betrifft VRML-Export. Siehe Seite 26

### letzten Befehl wiederholen (<Strg><Y>)

### Lesezeichen

Mit *Setzen* kann dem aktuellen Projektzustand ein „Lesezeichen“ zugeordnet werden. Wählt man später aus der Liste ein Lesezeichen, kann mit *Gehe* zu der zugeordnete Projektzustand wieder hergestellt werden. Das geht jedenfalls

schneller und sicherer als mit *Bearbeiten* – *nachvor* bzw. *zurück*.

### Neu zeichnen (<Strg><N>)

Das Bild wird neu gezeichnet. Es kann sein, dass einmal eine „Objektmarkierung“ nicht rückgängig gemacht wurde.

### Variable

Im Fenster können Variable definiert werden, die an Stelle von Zahlen in allen Eingabefeldern verwendet werden können. Siehe Kapitel VARIANTENKONSTRUKTION.

### Benutzerkoordinatensysteme (BKS)

Siehe Kapitel Benutzerkoordinatensysteme.

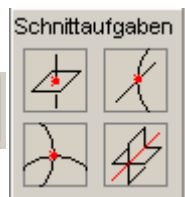
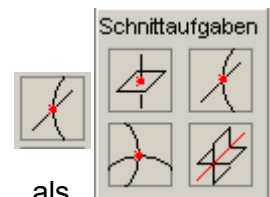
### Konstruieren

Der Menüpunkt *Konstruieren* stellt in der Raumgeometrie typische Grundaufgaben zur Verfügung. Wird z.B. die Symmetrieebene einer Strecke gesucht, wird als Repräsentant ein Quadrat oder Rechteck der zu ermittelnden Ebene als neues Objekt generiert. Die Menüpunkte sind über die Schaltfläche *Konstruieren* in der linken Menüleiste rasch erreichbar.

#### Schnittaufgaben

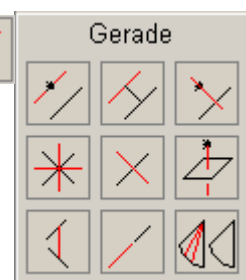
*Ebene x Gerade*  
*Gerade x Kurve*  
*Kurve x Kurve*  
*Ebene x Ebene*

Schnittpunkte werden als interne Objekte PUNKT eingefügt. Werden sie nicht mehr benötigt, löschen.

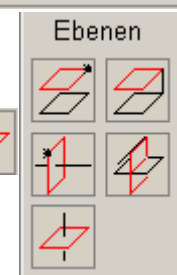


#### Ortsaufgaben

*Parallele zu Gerade*  
*Parallele (Abstand)*  
*Normale auf Gerade*  
*Winkelsymmetrale*  
*Streckensymmetrale*  
*Normale auf Ebene*  
*Gemeinlot*



*Parallelebene*  
*Parallelebene (Abstand)*  
*Normalebene durch P auf Gerade*  
*Normalebene durch g auf Ebene*  
*Symmetrieebene*



#### Kurven

*Tangente in P*  
*Tangente aus P*



*Tangente parallel g*  
*Gemeinsame Tangente*

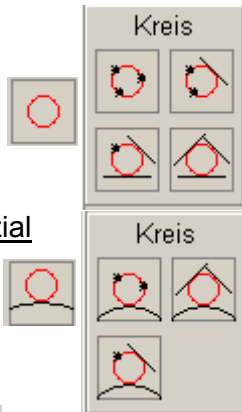
### Kreiskonstruktionen, Standard

*Kreis P1,P2,P3*

*Kreis P1,P2,t*

*Kreis t1,t2,P*

*Kreis t1,t2,t3*



### Kreiskonstruktionen, spezial

*Kreis P1,P2,Kurve*

*Kreis t1,t2,Kurve*

*Kreis t,P,Kurve*



### Parallelkurve

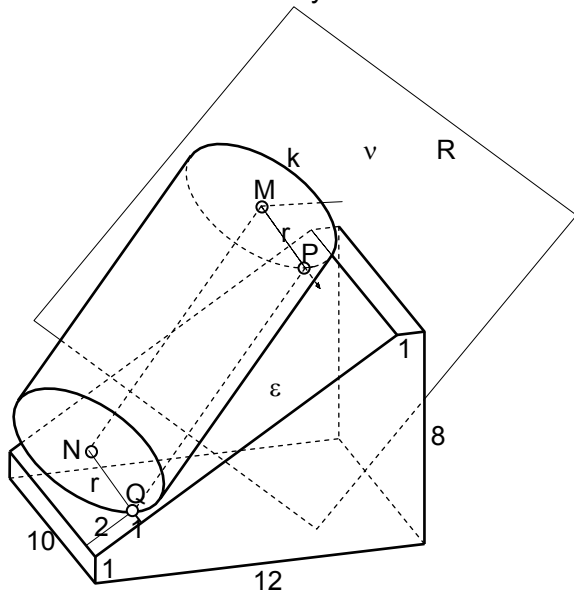
Siehe Beispiel

Rutsche, Seite 40



### Beispiele

Ein Drehzylinder mit dem Radius  $r = 3$  liegt mit der Mantellinie PQ auf der schrägen Ebene  $\varepsilon$  des Sockels **S** auf. Konstruiere den Drehzylinder.



Q ermitteln wir mit *3D-Objekte – Punkt (x/y/z)*. Wir aktivieren *erw. Punktfang* und verwenden die Option *Abstand* (Abstand 2 von unten nach oben auf der rechten schrägen Sockelkante). Wir brauchen dann nur noch die y – Koordinate auf  $y = 9$  korrigieren. P wird analog ermittelt (Abstände 1 bzw. 2).

Mit *2D-Objekte – Strecke* können wir nun die Mantellinie PQ festlegen.

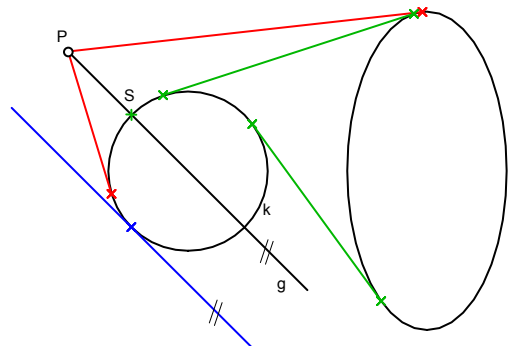
Der Basiskreis k des Zylinders liegt in der Normalebene  $v$  durch P normal auf PQ: *Bearbeiten – Konstruieren - Normalebene durch P auf Gerade*. Die Normalebene wird durch ein Rechteck R repräsentiert.

Die Kreismittelpunkte M und N liegen auf Normalen durch P bzw. Q auf die Tangentialebene  $\varepsilon$ : *Bearbeiten – Konstruieren - Normale auf Ebene*. Mit *Bearbeiten – Ändern -Streckenlänge* ändern wir die Längen der eben erzeugten Strecken auf die Länge  $r = 3$  und erhalten so die Mittelpunkte von Basis- und Deckflächenkreis, die wir noch durch eine Strecke verbinden können.

Den gesuchten Drehzylinder erzeugt man am besten in einem passenden Benutzer – Koordinatensystem: *Bearbeiten – BKS - neu*: Ursprung -> M, Punkt auf x-Achse -> P, Punkt in [xy]-Ebene -> ein Eckpunkt des Rechteckes R. Mit *3D-Objekte - Zylinder* kommen wir zum gesuchten Zylinder:  $r = 3$ , Höhe PQ kann entweder vorher mit *Bearbeiten – Messen – Strecke - rechte Maustaste - Streckenlänge* in die Zwischenablage übertragen werden, oder direkt per Doppelklick auf PQ in das Eingabefeld für h übertragen werden. Je nach Orientierung der z-Achse des BKS ist h positiv oder negativ einzugeben.

### Tangentenproblem

Sind die beteiligten Kurven Kreise oder Kreisteile, sind die Konstruktionsergebnisse exakt (d.h., die Entfernung von Berührungspunkt bzw. Schnittpunkt vom Mittelpunkt ist gleich dem Radius des Kreises, Tangenten stehen normal auf den Radius im Berührungspunkt), bei anderen Kurven gut angenähert. Der errechnete Schnitt- bzw. Berührungspunkt wird der betreffenden Kurve hinzugefügt. Die so

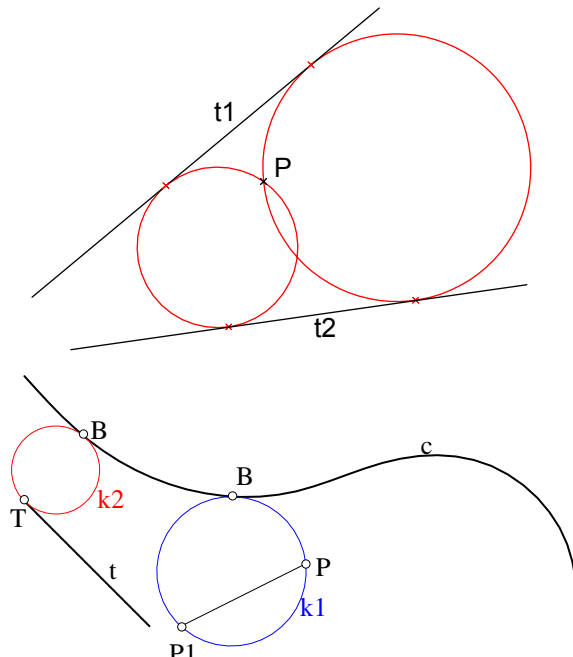


optimierte Kurve wird als Temporärdatei gespeichert. Tangenten sollten stets mit obigen Menüpunkten „konstruiert“ werden, und nicht etwa mit der Transformation Spiegelung einer vorhandenen Tangente, falls dies möglich ist.

Bekanntlich unterscheidet GAM nicht zwischen Kurven und Polygonen. Es bleibt dem User überlassen, ein Objekt als Kurve oder als Polygon zu sehen. Obige

Konstruktionen sind nur bei ebenen Kurven möglich.

### Kreiskonstruktionen



### Anwendung: Rutsche

Die abgebildete Rutsche wird als Spiralfäche erzeugt, wobei die Leitkurve auf 50% verkleinert wird.

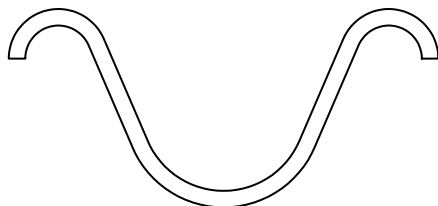
Um die Leitkurve zu erzeugen, benötigen wir einen Viertelkreis, einen Halbkreis und deren gemeinsame Tangente.

**b1:** 2D-Objekte – Sektor,  $r=1.5$ ,  $w1=-90$ ,  $w2=0$ , in [yz]-Ebene, verschieben um (0, 0, 1.5)

**b2:** 2D-Objekte – Sektor,  $r = 0.5$ ,  $w1 = 0$ ,  $w2 = 180$ , in [yz]-Ebene, verschieben um (0, 2.5, 2.25)

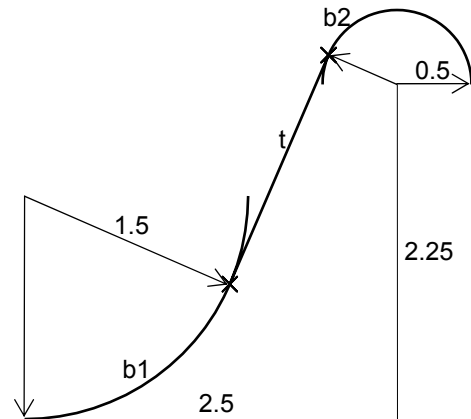
**t:** Bearbeiten – Konstruieren – gemeinsame Tangente

Mit Modellieren – Alle Schnittelemente (zusammenfassen) werden b1, t und b2 zu einem Objekt zusammengefasst, welches anschließend an der [xz] - Ebene gespiegelt wird (bei aktivierter Kopierfunktion). Original und Kopie werden wieder zu einem Objekt zusammengefasst.



Die überschüssigen Bogenstücke können mit Modellieren – Polygon, Kurve säubern entfernt werden.

Die Berührungspunkte von t mit b1 und b2 können



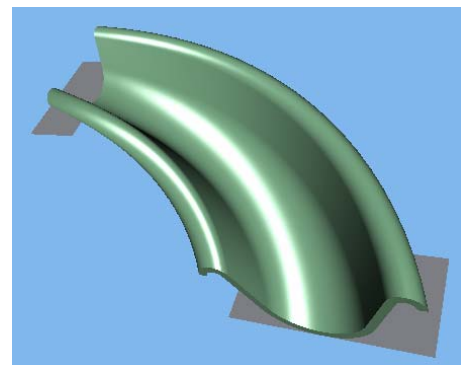
gelöscht werden.

Um den Querschnitt für die Spiralfäche zu erhalten, ermitteln wir mit Bearbeiten – Konstruieren – Parallel kurve mit dem Abstand 0.25 die gewünschte Parallelkurve. Welche Parallelkurve erzeugt wird, hängt vom Vorzeichen des Abstandes ab. Der Querschnitt wird noch um (0, 6, 0) in seine Ausgangslage verschoben. Die beiden Kurven werden mittels zweier Strecken zu einer geschlossenen Figur erweitert. Die Endpunkte der Strecken sollte man mit den Schaltflächen wähle Punkt per Maus ermittelt werden. Die Parallelkurven und Strecken müssen noch zu einem Objekt vereinigt werden.

Die gewünschte Spiralfäche erhalten wir mit 3D – Objekte - Schraubflächen. Mit wähle Leitkurve ist der vorhin konstruierte Querschnitt als Leitkurve zuzuordnen. Schraubhöhe  $h = 6$ , Schraubwinkel  $w = 90$ , Unterteilungen  $m = 24$ , konisch = 50 %.

Die Festlegung 50% bedeutet, dass die Größe der Endlage des verschraubten Querschnittes 50 % der der Größe der Anfangslage beträgt.

Zur Verdeutlichung der Raumsituation wurden noch 2 Rechtecke hinzugefügt.



## Menü 2D-Objekte

Die verwendeten internen Grundkörper sind im Kapitel Interne Objekte näher beschrieben. Bestimmungsstücke wie Seite, Radius usw. sind in die vorgesehenen Textfelder einzugeben, können auch interaktiv mit der Maus gewählt werden: Doppelklick im Textfeld.

### Strecke

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

```
STRECKE
DEF(x1,y1,z1,x2,y2,z2)
```

### Quadrat

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

```
QXY
S(a,a,1)
```

Liegt das Quadrat in der [yz] - Ebene bzw. in der [xz] - Ebene, finden die internen Grundobjekte QYZ bzw. QXZ Verwendung. Zu beachten ist, dass das Quadrat als Fläche erstellt wird. Werden nur die 4 Kanten (Umfang) gebraucht, muss mit *Modellieren – Fläche entfernen* die Fläche entfernt werden.

### Rechteck

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein. Siehe *Quadrat*.

```
QXY
S(a,b,1)
```

### regelm. Vieleck

Radius und Seitenlänge können wahlweise eingegeben werden. Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

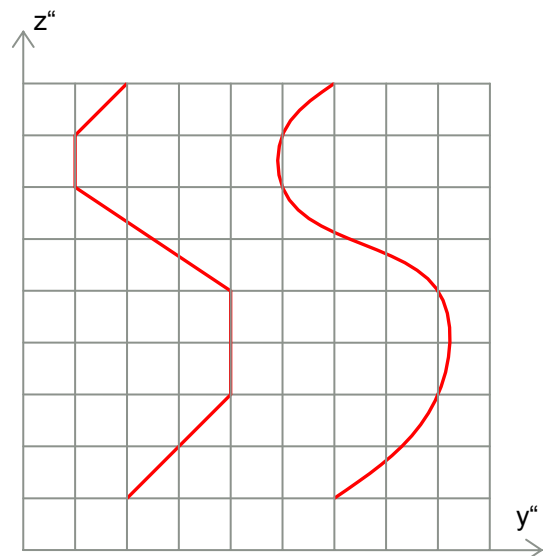
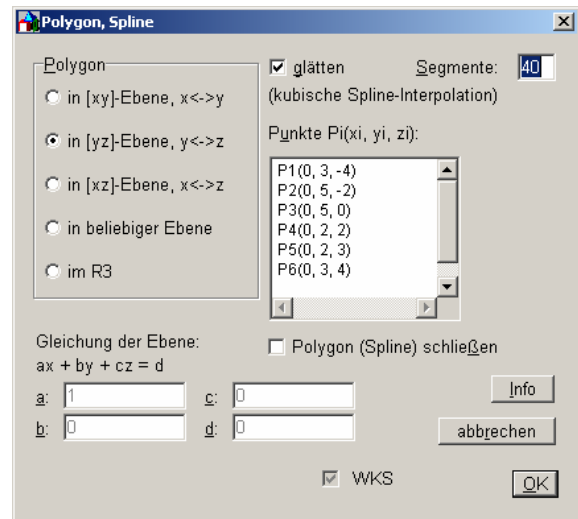
```
POLYn
S(a,a,1)
```

n ist die Eckenanzahl, a die Seitenlänge.

### Polygone, Splines

Es können ebene und räumliche Polygone definiert werden. Die Eingabe erfolgt entweder per Maus (Schaltfläche *neu* oder *wähle Polygon Punkte*. Punktfang, hilfreich ist dabei ein passender Raster) oder durch Eingabe der Koordinaten in das Textfenster in der Form  $P_i(x_i, y_i, z_i)$ .

Ist das Einstellungsfeld ‚glätten‘ aktiviert, werden die Polygonseiten durch kubische Parabeln ersetzt, die in den Stützstellen in Tangente und Krümmung (C2-stetig) übereinstimmen. Die ‚Feinheit‘ kann im Feld *Segmente* eingestellt werden.



Das Polygon (Spline) wird automatisch als externes Objekt gespeichert. Als Beispiel ein Polygon in der [yz] - Ebene mit 6 Punkten (5 Segmente) und die Ersatzkurve mit 40 Segmenten (41 Punkte). Das Polygon kann auch geschlossen sein.

### Kreis

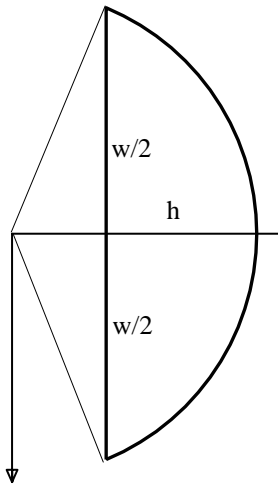
Wird durch ein regelmäßiges 40-Eck angenähert. Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

```
KXY
S(r,r,1)
```

Liegt der Kreis in der [yz] - Ebene bzw. in der [xz] - Ebene, finden die internen Grundobjekte KYZ bzw. KXZ Verwendung.

### Segment

Ein Kreissegment wird durch die Spannweite  $w$ , Höhe  $h$  festgelegt. In Optionsfeldern kann die Koordinatenebene gewählt werden, in der das Segment liegen soll und ob die Segmentfläche oder nur der Kreisbogen erzeugt werden soll. Ins Protokoll wird ein Kreissegment z.B.  $w = 3$ ,  $h = 1$ , in der [xy] - Ebene mit



```
SEGMENT farbe
DEF(3,1,0,1)
```

eingetragen. Die Parameter in DEF( $w$ ,  $h$ ,  $k$ ,  $m$ ) bedeuten der Reihe nach:  $w$  Spannweite,  $h$  Höhe,  $k$  Koordinatenebene (0 [xy]-Ebene, 1 [yz]-Ebene, 2 [xz]-Ebene),  $m$  Modell (0 Bogen, 1 Segmentfläche)

### Sektor

Ein Kreissektor wird durch den Radius  $r$ , den Startwinkel  $w1$  und den Endwinkel  $w2$  festgelegt. In Optionsfeldern kann die Koordinatenebene gewählt werden, in der der Sektor liegen soll und ob die Sektorfläche oder nur der Kreisbogen erzeugt werden soll. Ins Protokoll wird ein Kreissektor z.B.  $r = 3$ ,  $w1 = 45^\circ$ ,  $w2 = 120^\circ$ , in der [xz] - Ebene mit

```
SEKTOR farbe
DEF(3,45,120,2,1)
```

eingetragen. Die Parameter in DEF( $r$ ,  $w1$ ,  $w2$ ,  $k$ ,  $m$ ) bedeuten der Reihe nach:  $r$  Radius,  $w1$  Startwinkel,  $w2$  Endwinkel,  $k$  Koordinatenebene (0 [xy]-Ebene, 1 [yz]-Ebene, 2 [xz]-Ebene),  $m$  Modell (0 Bogen, 1 Sektorfläche)

### Ellipse

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

```
KXY
S(a,b,1)
```

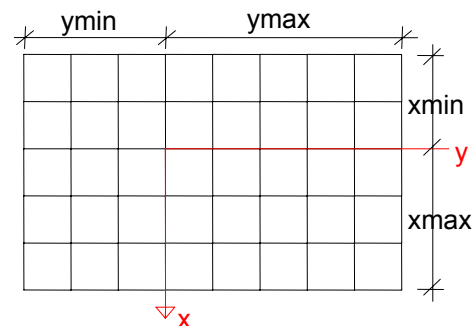
Liegt die Ellipse in der [yz] - Ebene bzw. in der [xz] - Ebene, finden die internen Grundobjekte KYZ bzw. KXZ Verwendung.

### Parabel

Ein Parabelsegment mit der Spannweite  $w = 1$  und der Höhe  $h = 1$  wird im Protokoll als PXY0, PXY1, PYZ0, PYZ1, PXZ0, PXZ1 eingetragen, je nach dem die "Einheitsparabel" in der [xy] - Ebene, [yz] - Ebene oder [xz] - Ebene liegt und ob das Segment (1) oder nur der Bogen (0) erzeugt werden soll. Mit der Transformation *Skalieren*( $x,y,z$ ) können die Abmessungen beliebig geändert werden.

### Raster

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.



```
RASTER
DEF(xmax-xmin,ymax-ymin,dx,dy)
T(xmin,ymin,0)
```

Konkret ergibt sich für das Beispiel:

```
RASTER
DEF(5,8,1,1)
T(-2,-3,0)
```

Ein Raster ist als Hilfsfigur zum „Fangen“ von Punkten bei Bohrungen, Netzkonstruktionen, Bewegen brauchbar.

## Menü 3D-Objekte

### Würfel

Die Eingabe einer negativen Kantenlänge  $a$  bewirkt die Positionierung im Oktanten  $x < 0$ ,  $y < 0$  und  $z < 0$ . Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

EW

$S(a, a, a)$

EW ist ein internes Objekt (Einheitswürfel).

### Quader

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

EW

$S(a, b, c)$

### quadratische Pyramide

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

QP

$S(a, a, h)$

QP ist ein internes Objekt (Einheitspyramide).

### rechteckige Pyramide

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

QP

$S(a, b, h)$

QP ist ein internes Objekt (Einheitspyramide).

### regelmäßiges Prisma

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

PRnGm

$S(r, r, h)$

PRnGm ist ein internes Objekt (regelm. Einheitsprisma).  $n$  ist die Anzahl der Ecken,  $m \in \{0, 1, 2\}$ .  $m = 0$  entspricht dem Modell „nur Mantel“;  $m = 1$  entspricht dem Modell „Grundfläche u. Mantel“ und  $m = 2$  entspricht dem Volumenmodell.

### regelmäßige Pyramide

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

PYnGm

$S(r, r, h)$

PYnGm ist ein internes Objekt (regelm. Einheitspyramide).  $n$  ist die Anzahl der Ecken,  $m \in \{0, 1\}$ .  $m = 0$  entspricht dem Modell „nur Mantel“ und  $m = 1$  entspricht dem Volumenmodell.

### Zylinder

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

DZm

$S(r, r, h)$

DZm ist ein internes Objekt (Einheitszylinder = 40-seitiges Prisma).  $m \in \{0, 1, 2\}$ .  $m = 0$  entspricht dem Modell „nur Mantel“;  $m = 1$  entspricht dem Modell „Grundfläche u. Mantel“ und  $m = 2$  entspricht dem Volumenmodell.

### Kegel

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

DKm

$S(r, r, h)$

DKm ist ein internes Objekt (Einheitskegel = 40-seitige Pyramide).  $m \in \{0, 1\}$ .  $m = 0$  entspricht dem Modell „nur Mantel“ und  $m = 1$  entspricht dem Volumenmodell.

### Kugel

GAM trägt im Falle der Option „Volumenmodell“ in das Protokoll die folgenden Zeilen ein:

KUGELn

$S(r, r, r)$

KUGELn ist ein internes Objekt (Einheitskugel),  $n \in \{8, 12, 16, 20, \dots\}$  ist die Anzahl der Halbmeridiane.

GAM trägt im Falle der Option „Halbkugel“ in das Protokoll die folgenden Zeilen ein:

HKUnG1

$S(r, r, r)$

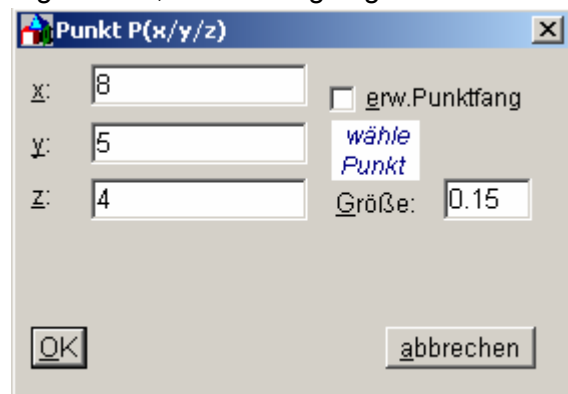
GAM trägt im Falle der Option „Halbkugelschale“ in das Protokoll die folgenden Zeilen ein:

HKUnG0

$S(r, r, r)$

### Internes Objekt PUNKT

Mit 3D-Objekte – Punkt  $P(x/y/z)$  kann ein Punkt im Raum festgelegt werden. Er wird dargestellt durch die 4 Raumdiagonalen eines Würfels. Seine Kantenlänge wird im Eingabefeld „Größe“ festgelegt.



Im Rahmen von Konstruktionsaufgaben ist es manchmal notwendig, einen Punkt des Raumes zur Verfügung zu stellen. Beim

‚Fangen‘ eines Punktes kann das Objekt an beliebiger Stelle geklickt werden, gefangen wird automatisch der Punkt  $P(x/y/z)$ . Wenn man nach Neubeginn mit der Eingabe von Punkten beginnen möchte, ist es zweckmäßig, zuerst Koordinatenachsen festzulegen, die etwa die Größe der zukünftigen ‚Welt‘ haben.

### Koordinatenachsen

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

KA

$S(s_x, s_y, s_z)$

Ist die Checkbox *optimale Größe* aktiviert, werden die Skalierungsfaktoren so bestimmt, dass das Koordinatensystem die „Abmessungen“ des Projektes um 20% übertrifft.

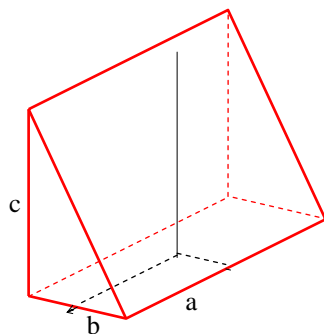
### weitere... KEIL

Im Protokoll trägt GAM die folgenden Zeilen ein.

EK

$S(a, b, c)$

EK ist ein internes Objekt (Einheitskeil). GAM benutzt diesen Grundkörper, um mit einer Scherung etwa ein Satteldach bzw. ein Walmdach zu erzeugen.



### weitere ... Würfel SPEZIAL

Modell „Kanten //x,y,z“ ergibt einen Würfel, dessen Mittelpunkt im Koordinatenursprung platziert wird.

W

$S(a, a, a)$

Modell „Raumdiagonale auf z - Achse“ ergibt einen Würfel, von dem eine Raumdiagonale auf der z - Achse liegt.

KWZ

$S(a, a, a)$

Modell „Raumdiagonale auf x - Achse“ ergibt einen Würfel, von dem eine Raumdiagonale auf der x - Achse liegt.

KWX

$S(a, a, a)$

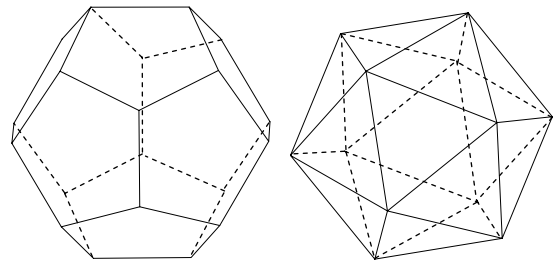
Modell „Raumdiagonale auf y - Achse“ ergibt einen Würfel, von dem eine Raumdiagonale auf der y - Achse liegt.

KWY

$S(a, a, a)$

### weitere ... reguläre Polyeder

TETRAEDER  
HEXAEDER  
OKTAEDER  
DODEKAEDER  
IKOSAEDER



### weitere... Dächer

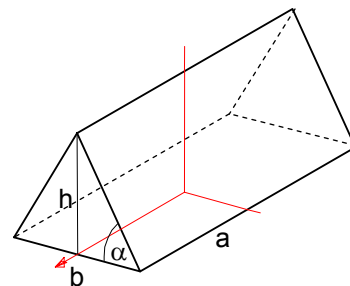
Beim Modell „Satteldach“ trägt GAM in das Protokoll die folgenden Zeilen ein:

EK

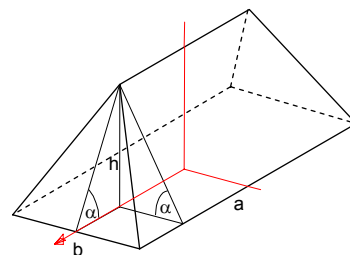
$S(a, b, h)$

$S_{xy}(0, 0.5 * (b), h)$

Zwei der Abmessungen b, h und  $\alpha$  können wahlweise eingegeben werden. Das dritte Eingabefeld bleibt leer.



Beim Modell „Walmdach“ trägt GAM in das Protokoll die folgenden Zeilen ein ( $a > b$ ):



EK

$S(a, b, h)$

$S_{xy}(0, 0.5 * (b), h)$

$S_z(1 - (b) / (a), 1, h)$

Zwei der Abmessungen b, h und  $\alpha$  können wahlweise eingegeben werden. Das dritte Eingabefeld bleibt leer.

Ist  $a < b$  wird der First parallel zur y - Achse angeordnet.

### weitere... DREHPARABOLID

Eingegeben werden können der Radius r des größten Parallelkreises und die Segmenthöhe h.

GAM trägt bei Modell „Volumen“ die folgenden Zeilen ein.

PARAnG1

$S(r, r, h)$

bzw. bei Modell „Fläche“

PARAnG0

$S(r, r, h)$

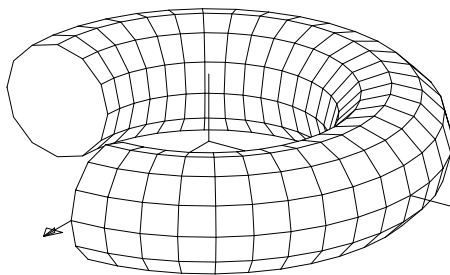
$n \in \{8, 12, 16, 20, \dots\}$  ist die Anzahl der Halbmeridiane.

### weitere... Torus

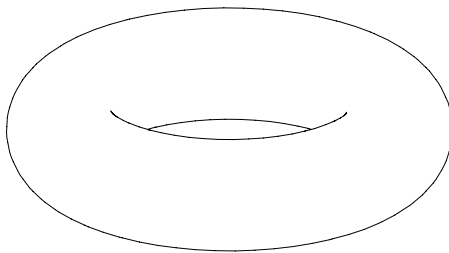
Der „Ersatzkörper“ für die Drehfläche Torus wird durch Rotation eines regelmäßigen  $m$  – Eckes ( $m = 8, 12, 16, 20, \dots$ ) um die  $z$  - Achse erzeugt, wobei der Rotationswinkel  $\alpha$  und die Anzahl der Unterteilungen  $n$  angegeben werden können. Ist  $r$  der Radius des dem Meridianpolygon umschriebenen Kreises und  $rm$  der Radius des Mittenkreises, fügt GAM die folgenden Zeilen in das Protokoll ein.

TORUS

DEF( $r, m, rm, \alpha, n$ )



Im Beispiel ist  $r = 1$ ,  $m = 12$ ,  $rm = 3$ ,  $\alpha = 270$  und  $n = 30$ .



Wählt man  $m \geq 40$ , lassen sich im Abbildungsmodus *nur Umriss* auch Spitzen anzeigen. Man beachte aber, dass ein Torus mit  $m = 40$ ,  $\alpha = 360$  und  $n = 40$  aus 1600 Punkten, 3200 Kanten und 1600 Flächen besteht.

Beim Zusammensetzen von Torussektoren etwa zu einem Rohr ist zu beachten, dass die Begrenzungskreise eben keine Kreise, sondern regelmäßige Vielecke sind.

### Raumkurven

Es kann eine beliebige Kurve mit Hilfe ihrer Parameterdarstellung

$x = x(t)$ ,  $y = y(t)$ ,  $z = z(t)$

dargestellt werden.

Die Raumkurve wird ins Protokoll als

KURVE rot

DEF( $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$ ,  $s$ ,  $e$ ,  $a$ )

**Raumkurve**

$x(t)$ :

$y(t)$ :

$z(t)$ :

Parameter t:

Startwert:

Endwert:

Anzahl:

OK

eingetragen, wenn die aktuelle Farbe rot ist.  $s$  ist der erste Wert für den Parameter  $t$ ,  $e$  der letzte. Die Kurve wird durch ein Polygon mit  $a + 1$  Punkten angenähert. Als Parameter muss  $t$  (reservierte Variable) verwendet werden. Die Funktionen  $x(t)$ ,  $y(t)$  und  $z(t)$  werden für  $t = s$ ,  $s+e$ ,  $s+2*e$  usw. auf Singularität geprüft.

Im Beispiel wird eine Parabel in der  $[yz]$  - Ebene ( $t = 2$ ,  $P_1(0/2/2.4)$ ;  $t = 10$ ,  $P_{41}(0/10/12)$ ) durch ein Polygon mit 41 Punkten festgelegt.

### Drehflächen

Drehachse ist stets die  $z$  – Achse. Als Meridian kann

a) direkt eine Raumkurve in

Parameterdarstellung festgelegt werden.

b) mit Hilfe der Schaltfläche ‚wähle Meridian‘ kann aber auch ein im Projekt vorhandenes Polygon oder Spline oder Raumkurve als Meridian zugeordnet werden.

Bei Segmentanzahlen bzw. Meridiananzahlen  $\geq 40$  werden in den Abbildungsmodi *‚nur Umriss‘* nur die Umrisskanten dargestellt.

**Drehfläche (Achse z - Achse)**

Meridian

$x(t)$ :  Parameter:

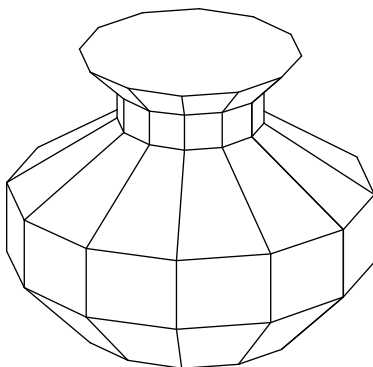
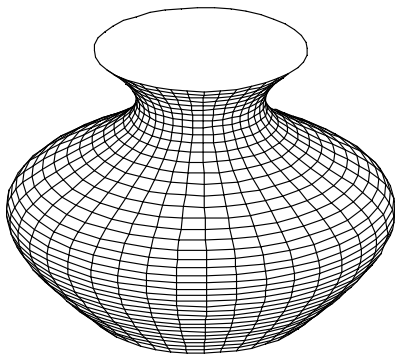
$y(t)$ :  Startwert:

$z(t)$ :  Endwert:

Segmentanzahl:

Meridiane(3,4,5,...):

GAM ermittelt aus dem gegebenen Meridian den Hauptmeridian in der [xz]-Ebene.

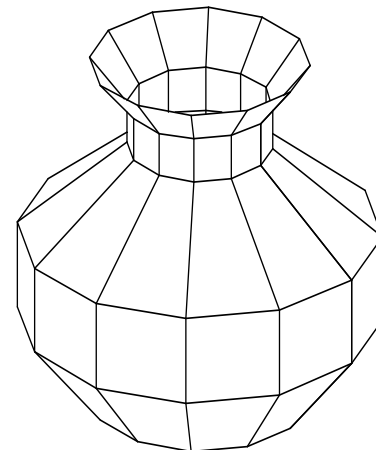
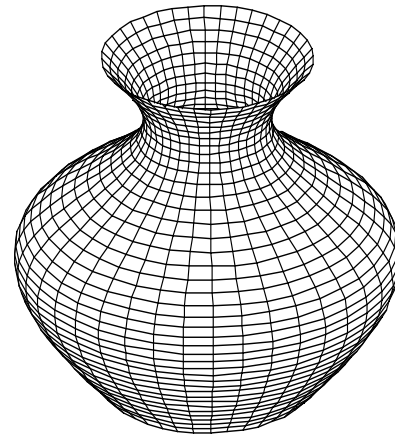


GAM versucht stets ein Volumenmodell zu erzeugen. Der gegebene Meridian darf die z - Achse nicht schneiden. Der erste bzw. der letzte Punkt des Meridians (oder beide) dürfen auf der z - Achse liegen. Der erste und letzte Punkt dürfen auch identisch sein, aber dabei nicht auf der z - Achse liegen. Der Meridian ist in diesem Fall eine geschlossene Kurve. Im allgemeinen wird die Drehfläche durch 2 Kreisflächen abgeschlossen. Auf Selbstdurchdringung wird nicht überprüft. Zum Modellieren von Schalen etc. kann mit *Modellieren – Fläche(n) entfernen* eine oder beide die Drehfläche begrenzenden Kreisflächen entfernt werden. Die Eintragung einer Drehfläche ins Protokoll lautet im Fall a):

```
DREHFLAECHE rot
DEF(x(t),y(t),z(t),s,e,a,m)
```

Die ersten 6 Parameter definieren den Meridian (beliebige Kurve). Der Parameter m gibt die Anzahl der Meridiane an. Die Eintragung einer Drehfläche ins Protokoll lautet im Fall b):

```
DREHFLAECHE rot
DEF(Dateiname, m)
```

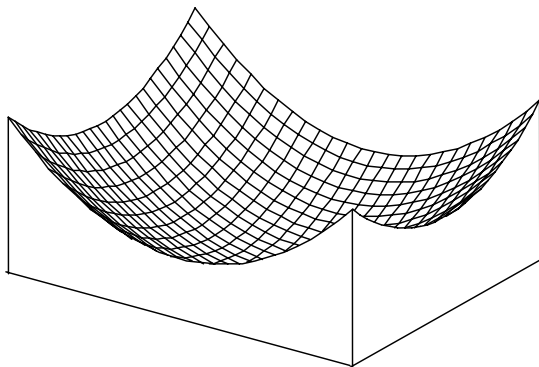


### Flächen $z = f(x,y)$

Im Beispiel sieht man die Eingabedaten für die Fläche  $z = 0.1 \cdot (x^2 + y^2)$ ,  $-4 \leq x \leq 4$ ,  $-5 \leq y \leq 5$ , wobei noch zwischen Volumen- oder Flächenmodell unterschieden werden kann. Der Funktionsterm  $f(x,y)$  wird in allen Gitterpunkten des Definitionsbereiches auf Singularitäten geprüft. Auf Selbstdurchdringung wird nicht geprüft. Die Erzeugung als Volumenmodell hat den Vorteil, dass mit Modellierungsmethoden Schichtenlinien u.a. erzeugt werden können. Obige Fläche wird im Protokoll mit

```
FLAECHE farbe
DEF((x*x+y*y)/10,-4,4,25,-5,
5,25,1)
```

eingetragen.  $x$  bzw.  $y$  sind Systemvariable und können vom Benutzer nicht zu anderen Zwecken verwendet werden.



### Flächen $x = x(u,v)$ , $y = y(u,v)$ , $z = z(u,v)$

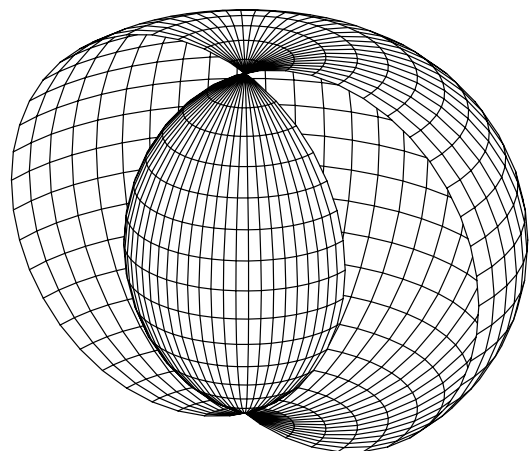
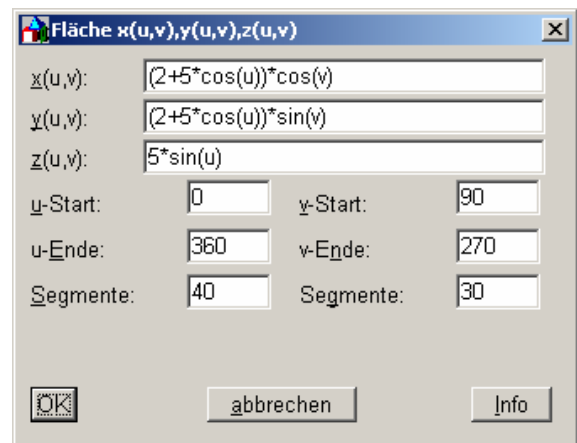
Mit diesem Menüpunkt kann eine Fläche in Parameterdarstellung festgelegt werden. Auf Grund der großen Freiheitsgrade dauert die Generierung und Prüfung der Daten bei höheren Segmentzahlen etwas. Es wird empfohlen, wenn die Fläche wunschgemäß erstellt ist, diese als Objekt zu speichern, damit die Aktionen *zurück* und *nachvor* nicht zuviel Rechenzeit beanspruchen. Da GAM auf eventuell auftretende numerische Probleme – z.B. wird auf Singularitäten nur in den Gitterpunkten geprüft – im allgemeinen nicht eingeht, empfiehlt es sich, zuerst mit kleineren Segmentzahlen für  $u$  und  $v$  zu testen.

Im Beispiel ist die Hälfte eines Spindeltorus dargestellt ( $R = 2$ ,  $r = 5$ ).

Die Eintragung der Fläche im Protokoll sieht folgendermaßen aus:

```
FLAECHEUV schwarz
DEF((2+5*cos(u))*cos(v),
    (2+5*cos(u))*sin(v),
    5*sin(u), 0, 360, 40, 90, 270, 30)
```

$u$  bzw.  $v$  sind Systemvariable und können vom Benutzer nicht zu anderen Zwecken verwendet werden



### Allg. Zylinder- bzw. Prismenflächen

Eine Leitkurve  $l$  (Leitpolygon) wird mit Hilfe eines Vektors  $s$  (Schiebvektor) verschoben. Als Leitkurve können Polygone, Splines, Raumkurven, sowie alle weiteren 2D - Grundobjekte (ausgenommen Raster) verwendet werden. Ist die Leitkurve eben und geschlossen, wird automatisch ein Volumenmodell erzeugt. Im Beispiel wird als Leitkurve eine Parabel in der  $[yz]$  - Ebene,  $w = 8$ ,  $h = 6$  um den Vektor  $s(10, 0, 0)$  verschoben.

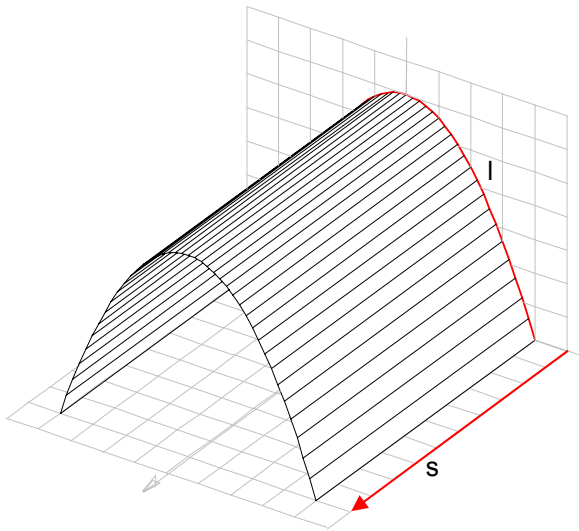
Die Eintragung einer Zylinder- bzw. Prismenfläche in das Protokoll hängt vom Typ der Leitkurve ab.

- Die Leitkurve ist parametrisch festgelegt:  

```
ZYLINDERFLAECHE farbe
DEF(x(t), y(t), z(t), ts, te,
    nseg, s1, s2, s3)
```
- Die Leitkurve ist ein externes Objekt mit dem Dateinamen dateil:  

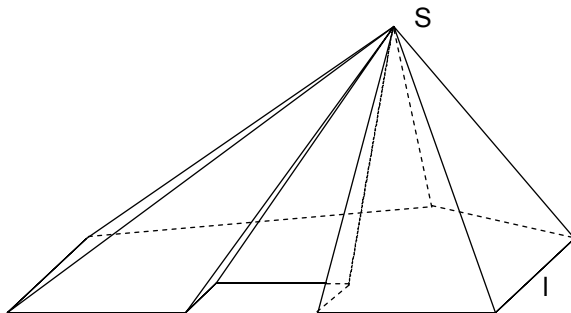
```
ZYLINDERFLAECHE farbe
DEF(dateil, s1, s2, s3)
```
- Die Leitkurve ist ein internes, nicht transformiertes Objekt, z.B. PYZ0:

```
ZYLINDERFLAECHE farbe
DEF( PYZ0, s1, s2, s3)
```

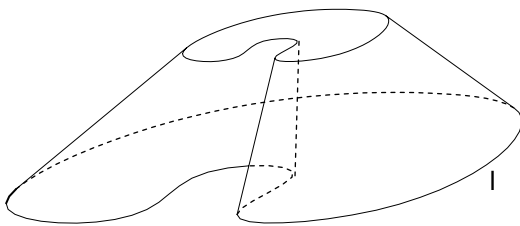


### Allg. Kegel- bzw. Pyramidenflächen

Eine Leitkurve I (Leitpolygon) wird mit einem Punkt S des Raumes (Spitze) verbunden. Als Leitkurve können Polygone, Splines, Raumkurven, sowie alle weiteren 2D - Grundobjekte (ausgenommen Raster) verwendet werden. Ist die Leitkurve eben und geschlossen, wird automatisch ein Volumenmodell erzeugt.



Im Beispiel wird ein Polygon mit S zu einer Pyramidenfläche verbunden bzw. ein 2D-Spline mit S zu einer allg. Kegelfläche verbunden, wobei als "Höhe" 60% verwendet wurde, gemessen ab der Leitkurve. Ist der Prozentwert < 0, wird der Kegel- bzw. Pyramidenstumpf auf der der Spitze abgewandten Seite errichtet.



Die Eintragung einer Kegel- bzw. Pyramidenfläche in das Protokoll hängt vom Typ der Leitkurve ab.

- Die Leitkurve ist parametrisch festgelegt:  

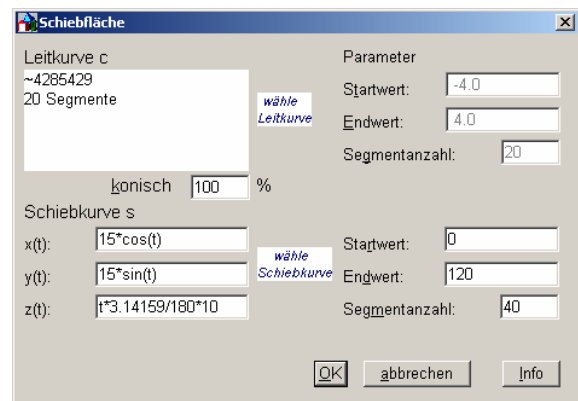
```
KEGELFLAECHE farbe
DEF (x(t),y(t),z(t),ts,te,
nseg,x1,y1,z1, proz)
```
- Die Leitkurve ist ein externes Objekt mit dem Dateinamen dateil:  

```
KEGELFLAECHE farbe
DEF(dateil, x1 y1, z1, proz)
```
- Die Leitkurve ist ein internes, nicht transformiertes Objekt, z.B. PYZ0:  

```
KEGELFLAECHE farbe
DEF( PYZ0, x1, y1, z1, proz)
```

### Schiebflächen

Eine Leitkurve (Leitpolygon) wird längs einer Schiebkurve (Schiebpolygon) verschoben. Ist die Leitkurve eben und geschlossen, wird automatisch ein Volumenmodell erzeugt. Auf Selbstdurchdringung wird nicht geprüft. Im Beispiel wird eine Leitkurve c in der Ebene  $x = 15$ , bestehend aus einem Halbkreis (2D - Objekte - Sektor :  $r = 4$ ,  $w1 = 180$ ,  $w2 = 360$ ) und 2 Strecken längs einer Schraubenlinie  $s(15*\cos(t), 15*\sin(t), t*3.14159/180*10, 0, 120, 40)$  verschoben. Der Halbkreis und die beiden Strecken müssen mit *Modellieren* -



*zusammenfassen* zu einem Objekt zusammengefasst werden. Dabei erfolgt eine automatische Speicherung. Ist im Eingabefeld konisch ein Prozentwert  $p \neq 100$  festgelegt, wird die Leitkurve kontinuierlich verkleinert oder vergrößert.

Die Varianten für die Eintragung einer Schiebfläche in das Protokoll dürften nach den bisherigen Ausführungen verständlich sein. Zuerst kommen die Angaben bzgl. der Leitkurve, dann die Angaben bzgl. der Schiebkurve, zum Schluss der Prozentwert:

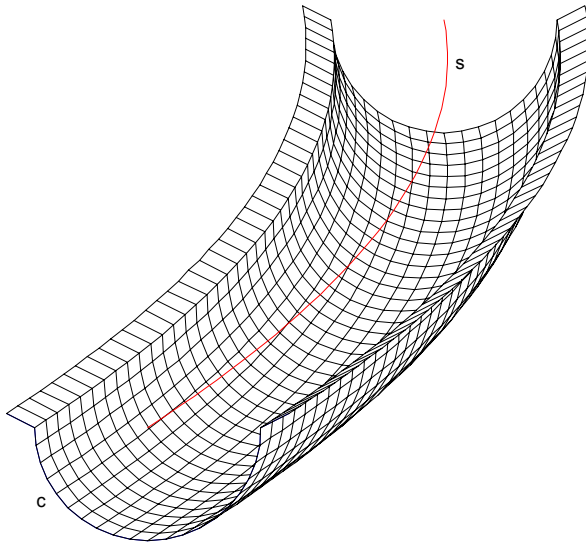
- SCHIEBFLAECHE farbe  

```
DEF(x1(t),y1(t),z1(t),t11,t12,n1,
xs(t),ys(t),zs(t),ts1,ts2,ns,p)
```
- SCHIEBFLAECHE farbe  

```
DEF(dateil,xs(t),ys(t),zs(t),
ts1,ts2,ns,p)
```

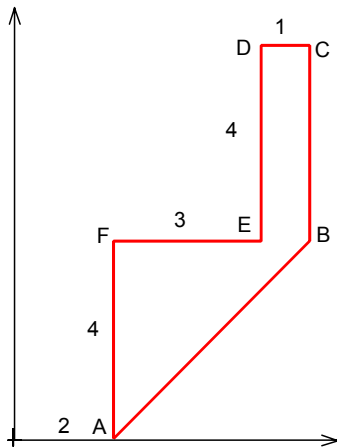
- c) SCHIEBFLAECHE farbe  
 DEF(xl(t),yl(t),zl(t),tl1,tl2,  
 nl,dateis,p)
- d) SCHIEBFLAECHE farbe  
 DEF(dateil, dateis,p)

An Stelle der Dateinamen dateil bzw. dateis können auch die Namen nicht transformierter Grundobjekte wie QXY, KXY usw. treten.



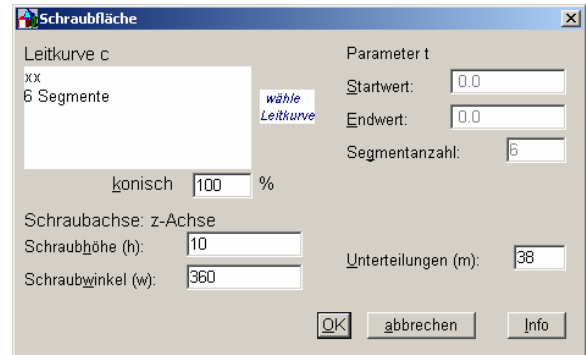
### Schraubflächen

Eine Leitkurve (Leitpolygon) wird längs der z - Achse verschraubt. Ist die Leitkurve eben und geschlossen, wird automatisch ein Volumenmodell erzeugt. Auf Selbst Durchdringung wird nicht geprüft.



Im Beispiel wird das in der [yz] - Ebene liegende Polygon AB...F verschraubt. Als Schraubwinkel wurde  $w = 360^\circ$  verwendet, als Schraubhöhe  $h = 10$ . Das Leitpolygon kann leicht mit Hilfe eines Rasters und anschließend mit 2D - Objekte - Polygon (Spline) erzeugt werden. In 3D - Objekte - weitere - Schraubflächen sind schließlich die gewünschten Werte für die Schraubfläche einzugeben. Das Leitpolygon wurde unter xx.gap gespeichert.

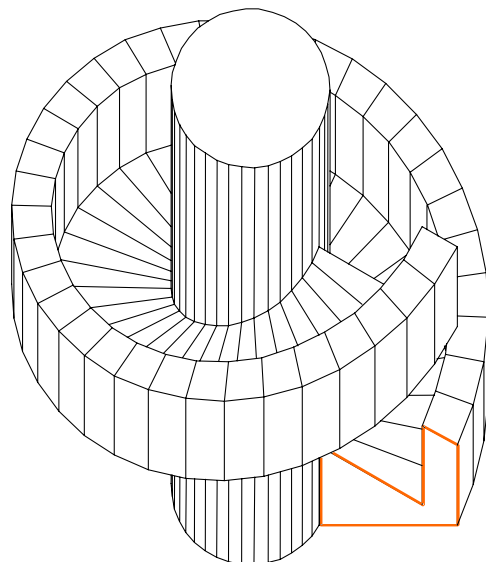
Der Schraubfläche wurde noch durch ein regelmäßiges Prisma, Radius = 2, Höhe = 20, Anzahl der Eckpunkte 38, Drehung um  $90^\circ$  um die z - Achse, hinzugefügt. Die "Diagonalen", welche nicht planare viereckigen Facetten in 4 Dreiecke zerlegen,



werden im Abbildungsmodus 'nur Umriss' nicht dargestellt.

Die Varianten für die Eintragung einer Schraubfläche in das Protokoll dürften nach den bisherigen Ausführungen verständlich sein. Zuerst kommen die Angaben bzgl. der Leitkurve, dann die Angaben bzgl. der Schraubung, zuletzt der Prozentwert p für eine konische Verschraubung:

- a) SCHRAUBFLAECHE farbe  
 DEF(xl(t),yl(t),zl(t),tl1,tl2,nl,  
 h, w, m, p)
- b) SCHRAUBFLAECHE farbe  
 DEF(dateil, h, w, m, p)

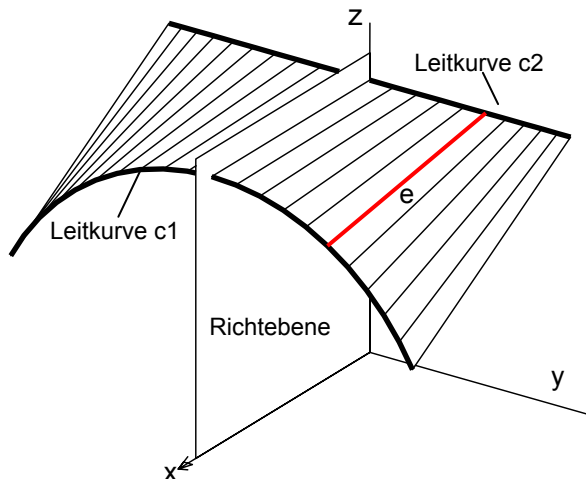


An Stelle des Dateinamen dateil kann auch der Name nicht transformierter Grundobjekte wie QXY, KXY usw. treten.

### Regelflächen, konoidale Flächen

Die Erzeugenden e eines Konoids schneiden zwei Leitkurven c1 und c2 und sind parallel zu einer Richtebene. Das Ergebnis ist stets ein Flächenmodell.

Im Beispiel ist  $c_1$  ein Kreisbogen ( $r=5$ ,  $w_1=30$ ,  $w_2=150$ ,  $n=20$ ),  $c_2$  eine Strecke  $(0, -5, 5)$ ,  $(0, 5, 5)$ . Richtebene ist die  $[xz]$ -Ebene. Die Varianten für die Eintragung eines Konoids in das Protokoll sind ähnlich wie bei einer Schiebfläche. Zuerst kommen die Angaben bzgl. der Leitkurve  $c_1$ , dann die Angaben bzgl. der Leitkurve  $c_2$ . Zum Schluss sind die Komponenten des Normalvektors ( $n_1, n_2, n_3$ ) der Richtebene angegeben und die Anzahl  $m$  der Unterteilungen in Erzeugendenrichtung:



- a) KONOID farbe  
`DEF(xc1(t),yc1(t),zc1(t),tc1a,tc1e,nc1,xc2(t),yc2(t),zc2(t),tc2a,tc2e,nc2,n1,n2,n3,m)`
- b) KONOID farbe  
`DEF(dateic1,xc2(t),yc2(t),zc2(t),tc2a,tc2e,nc2,n1,n2,n3,m)`
- c) KONOID farbe  
`DEF(xc1(t),yc1(t),zc1(t),tc1a,tc1e,nc1,dateic2,n1,n2,n3,m)`
- d) KONOID farbe  
`DEF(dateic1,dateic2,n1,n2,n3,m)`

An Stelle von `dateic1` bzw. `dateic2` können auch Namen von nicht transformierten 2D-Objekten stehen: `PXY0`, `KXY`,...etc. Wird als Leitkurve  $c_1$  eine Strecke verwendet, muss sie parametrisch festgelegt werden. Anfangs- und/oder Endpunkte der Leitkurven können auch identisch sein.

Einschränkungen:

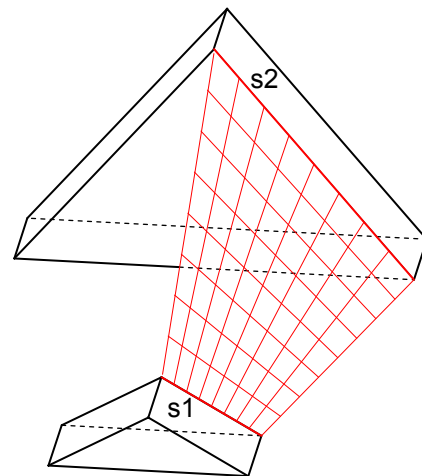
- a. Für die Ermittlung von Erzeugenden  $e$  werden alle Punkte des Leitpolygons  $c_1$ , bzw. falls eine parametrisierte Kurve vorliegt, alle Punkte des Stützpolygons der Kurve, abhängig von Start-, Endwert und der Schrittweite, verwendet. Die Leitkurve  $c_2$  muss daher den Bereich der Leitkurve  $c_1$  vollständig abdecken.

Unstetigkeiten im Flächenverlauf werden vermieden, wenn die auf diese Weise entstehende punkt weise Zuordnung  $c_1 \rightarrow c_2$  eindeutig ist.

- b. Das Polygon  $c_1$  darf keine zur Richtebene parallele Seiten haben.
- c. Die Leitkurven  $c_1$  und  $c_2$  dürfen einander nicht schneiden. Die Anfangs- und /oder Endpunkte von  $c_1$  und  $c_2$  dürfen aber identisch sein.
- d. Auf Selbstdurchdringung oder Mehrdeutigkeit wird nicht geprüft.

## HP – Flächen

Mit dem Menüpunkt können HP – Flächen rasch erstellt werden. Eine HP-Fläche ist durch ein räumliches Vierseit festgelegt, es genügt also die Eingabe zweier orientierter windschiefer Strecken. Durch Beachtung der Orientierung ist die Eindeutigkeit des Ergebnisses gewährleistet. Im Beispiel werden als Leitlinien die Sparren  $s_1$  und  $s_2$  zweier Satteldächer gewählt, orientiert von der Traufe zum First. Als Abbildungsoption empfiehlt sich *nur Umriss*.



Leitlinie c1		Leitlinie c2	
P1	x1: 0.250	P2	x2: 0.250
	y1: -1.0		y2: 0.0
	z1: 0.0		z2: 1.191753593
P3	x3: 2.250	P4	x4: 2.250
	y3: 0.0		y4: -0.50
	z3: 0.288675135		z4: 0.0

Unterteilungen(n): 8 ☐ erw.Punktfang

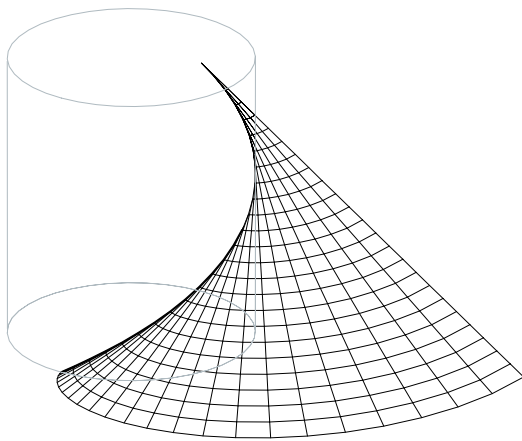
Eine HP-Fläche wird dem Projekt als Konoid hinzugefügt, da die Richtebene intern bestimmt werden kann.

KONOID hellrot

```
DEF(2.25,0.5-0.5*t,0.288675135*t,0,1,8,0.25,1-1*t,  
1.191753593*t,0,1,8,0.213664184,0.854656736,  
0.473190744,8)
```

### Regelflächen, Torse

Als Gratlinie  $c$  sind Raumkurven (parametrisch) und R3 – Splines zugelassen, die nicht eben und nicht geschlossen sind. Erzeugt wird stets ein Flächenmodell. Die Erzeugenden sind Tangenten der Gratlinie. Die Begrenzungen der Fläche bilden die Gratlinie, bzw. jene Kurve, die sich ergibt, wenn vom Berührungspunkt der Tangente jeweils als Länge die ‚Bogenlänge‘ vom Berührungspunkt bis zum Anfangspunkt der Gratlinie aufgetragen wird. Natürlich können Richtungsvektor der Tangente und Bogenlänge nur näherungsweise bestimmt werden. Aus diesem Grund wird der letzte Punkt der gewählten Gratlinie nicht verwendet.



Die Varianten für die Eintragung einer Torse in das Protokoll sind ähnlich wie bei einer Kegelfläche. Anzugeben sind die Angaben bzgl. der Gratlinie  $c$ .

- a) TORSE farbe  
DEF(xc(t),yc(t),zc(t),ta,te,ts)
- b) TORSE farbe  
DEF(dateic)

In Beispiel wurde als Gratlinie  $c$  eine Schraublinie verwendet.

### Rohrflächen

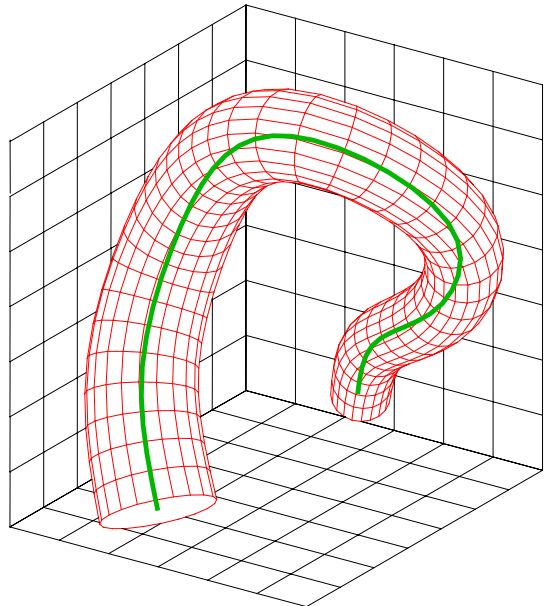
Als Mittenlinie  $c$  sind Raumkurven (parametrisch), R3 – Splines sowie 2D – Grundobjekte zugelassen. Als Querschnitt dient ein regelmäßiges Vieleck mit wählbarer Seitenzahl.

Die Radien  $r1$  bzw.  $r2$  am Anfang und am Ende können verschieden sein ( $r1 \geq 0$ ,  $r2 \geq 0$ ). Wenn die Mittenlinie eben ist kann sie auch geschlossen sein. Bei geschlossenen räumlichen Mittenlinien ist das Ergebnis manchmal nicht optimal. Erzeugt wird stets ein Volumenmodell. Auf Selbstdurchdringung wird nicht getestet. Das Auftreten einer Selbstdurchdringung ist nicht nur von der Größe der Radien sondern auch von der Anzahl der Segmente der Mittenlinie abhängig.

Nun die Varianten für die Eintragung einer Rohrfläche in das Protokoll. Zuerst kommen die Angaben bzgl. der Mittenlinie  $c$ , dann die Angaben bzgl. des Querschnittes. In Variante c) wird als Beispiel der Parabelbogen PYZ0 als Mittenlinie verwendet.

- a) ROHRFLAECHE farbe  
DEF(xc(t),yc(t),zc(t),ta,te,nseg,  
r1,r2,m)
- b) ROHRFLAECHE farbe  
DEF(dateic, r1, r2, m)
- c) ROHRFLAECHE farbe  
DEF (PYZ0, r1, r2, m)

Im Beispiel wurde die Mittenlinie ohne Berücksichtigung der Sichtbarkeit hervorgehoben.



### **Menü Transformieren**

Alle Menüpunkte sind im Kapitel TRANSFORMATIONEN ausführlich beschrieben. Parameter zur Festlegung einer Transformation können auch interaktiv mit der Maus festgelegt werden: Doppelklick im entsprechenden Textfeld.

**Skalieren (x,y,z)**  
**Verschieben**  
**Drehen**  
**Verschrauben**  
**Spiegeln an Ebene**  
**Bewegen**  
**Scherung**  
**Skalieren (x,y)**  
**Zentrische Streckung**  
**Matrix (3x3)**

### **Menü Modellieren**

Alle Menüpunkte sind im Kapitel Modellieren ausführlich beschrieben.

**Vereinigung**  
**Differenz**  
**Durchschnitt**  
Nur auf 2 Volumenmodelle anwendbar

**Fasen Kante**  
**Fasen Ecke**  
**Fasen alle Ecken**  
Nur auf Volumenmodell anwendbar

**alle Schnittelemente**  
Auf beliebig viele Objekte anwendbar.

**Kante(n) entfernen**  
**Fläche(n) entfernen**  
**Netz Netz**  
Auf beliebiges Objekt anwendbar.

**Netz Klebelaschen**  
**Netz Klebelaschen löschen**  
Auf Objekt anwendbar, das aus genau 1 Fläche besteht.

**Bohrungen prismatisch**  
**Bohrungen regelm. prismatisch**  
**Bohrungen zylindrisch**  
Nur auf Volumenmodell anwendbar.

**Trennen (ebener Schnitt)**  
Auf beliebige Objekte anwendbar.

### **Menü Ansicht**

**Ansicht Einstellungen**

Die Wirkungsweise der unter diesem Menüpunkt vorhandenen Funktionen ist im Kapitel ABBILDEN ausführlich beschrieben. Mit diesen Funktionen können Einstellungen vorgenommen werden. Wirksam werden sie erst, wenn die entsprechende Abbildung durchgeführt wird.

**normale Axonometrie**  
**Frontalriss**  
**Horizontalriss**  
**allgemeine Blickrichtung**  
**Zentralriss**

Die folgenden Menüpunkte entsprechen den Schaltflächen G, A, K, GA, AK, GAK, F, H, Z am rechten Rand des Programmfensters.

**Ansicht Grundriss**  
**Ansicht Aufriss**  
**Ansicht Kreuzriss**  
**Ansicht normale Axonometrie**  
**Ansicht Grund – und Aufriss**  
**Ansicht Auf- und Kreuzriss**  
**Ansicht Grund-, Auf- und Kreuzriss**  
**Ansicht Frontalriss**  
**Ansicht Horizontalriss**  
**Ansicht Zentralriss**

Die folgenden Menüpunkte sind im Kapitel SEITENRISSE beschrieben. Sämtliche Funktionen des Programmes sind auch in den beschriebenen Ansichten einsetzbar.

**Ansicht Seitenrisse // Kante**  
Die gewählte Strecke wird als Projektionsrichtung für einen Normalriss verwendet. Die Strecke wird projizierend gemacht (erscheint als Punkt). Will man wieder die ursprüngliche Axonometrie verwendet, muss die Projektionsrichtung neu eingestellt werden. (*Ansicht - normale Axonometrie* oder *Ansicht - allg. Blickrichtung*).

**Ansicht Seitenriss normal zu Kante**  
Die Projektionsrichtung wird parallel zur [xy] - Ebene und normal zur gewählten Strecke eingestellt. Die Strecke erscheint unverzerrt.

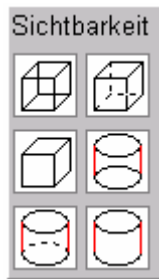
**Ansicht Seitenriss normal zu Ebene**  
Die Projektionsrichtung wird normal zur gewählten Ebene eingestellt. Figuren in dieser Ebene erscheinen unverzerrt.

## Menü Optionen

Die Menüpunkte

**Drahtmodell**  
**verdeckte Kanten punktiert**  
**ohne verdeckte Kanten**  
**nur Umriss**

entsprechen dem  
Abbildungsmenü auf der  
rechten Seite des Programmfensters.

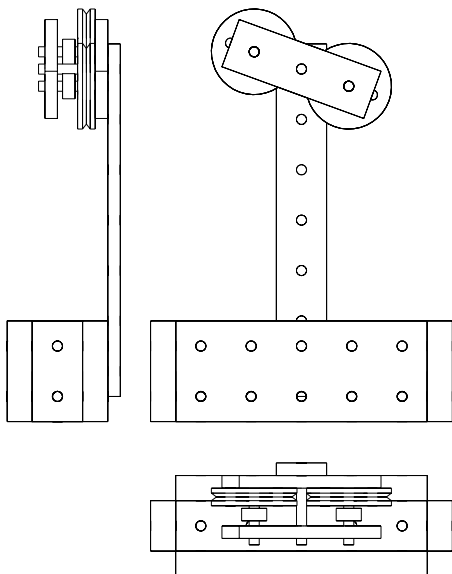


## Verzeichnis für temporäre Dateien

Nach jeder Modellierung (Veränderung eines Objektes mit einem der Menüpunkte des Hauptmenüs *Modellieren*) ist ein neues Objekt entstanden, mit einer neuen Datenstruktur. GAM speichert die Objektdaten in einer temporären Datei (\$nnnnnnn.DAT) entweder in das Arbeitsverzeichnis, falls ein solches dem Betriebssystem bekannt ist, oder sonst in das Programmverzeichnis. Sollte der Benutzer im Programmverzeichnis keine Schreib- und Löschrechte besitzen, muss nach Programmstart ein Verzeichnis für temporäre Dateien festgelegt werden. Die 7-stellige Zahl nnnnnnn gibt die Anzahl der nach 0 Uhr verstrichenen Hundertstelsekunden an.

## Europäische Ansicht (GAK)

europäische Anordnung  
Matador Seilbahn

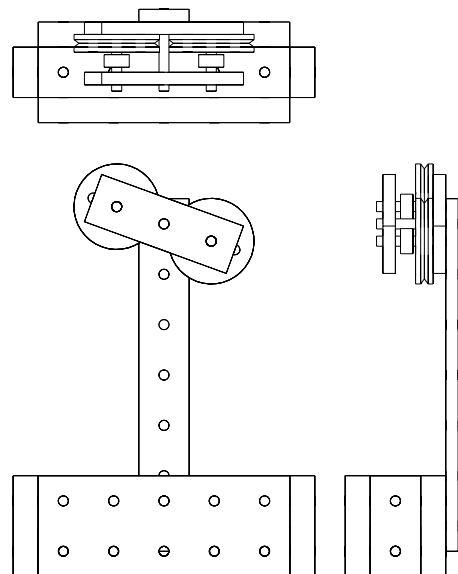


## Amerikanische Ansicht (GAK)

Grund- und Aufriss, Auf- und Kreuzriss,  
Grund-, Auf- und Kreuzriss werden in der

europäischen bzw. in der amerikanischen  
Anordnung gezeigt.

amerikanische Anordnung  
Matador Seilbahn



## Erweiterter Punktfang

Siehe Seite 9.

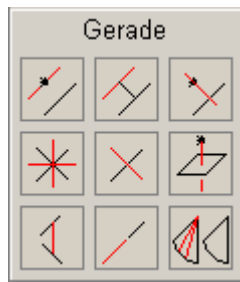
## BASISMODUL

Bei Aktivieren des Menüpunktes Optionen - *BASISMODUL* werden eine Reihe von Menüpunkten und andere Optionen verborgen. Absicht ist, eine für den Einsatz in der Unterstufe übersichtliche und sich auf fundamentale Anforderungen beschränkende Programmversion zur Verfügung zu haben. Diese Einstellung lässt sich nicht rückgängig machen. Das geht mit einem Neustart.

## Symbolleiste konstruieren

Am linken Rand des Programmfensters ist eine Symbolleiste für den raschen Zugriff auf 2D-, 3D-Objekte, Transformationen und häufig gebrauchte Menüpunkte angefügt.

Mit *Optionen – Symbolleiste konstruieren*, mit Shortcut <Strg><S> oder Mausklick auf die Schaltfläche *konstr* lassen sich in der linken Symbolleiste zusätzlich Schaltflächen für die Nutzung des in GAM zur Verfügung stehenden Konstruktionsmoduls einblenden. Z.B. werden bei Klicken der linken Maustaste auf das oberste Symbol unterhalb von ‚konstr‘ Symbole für den Aufruf aller Konstruktionen Strecken betreffend angeboten:



Parallele zu einer Geraden durch einen Punkt  
Parallele zu einer Geraden mit gegebenem Abstand

Normale auf eine Gerade durch einen Punkt,  
Winkelsymmetralen, Streckensymmetrale

Normale auf eine Ebene durch einen Punkt  
Gemeinlot

Ändern der Länge einer Strecke

Ändern des Kantenmerkmals.

Hinweistexte erleichtern die Auswahl.

Mit *Optionen – Symbolleiste – konstruieren*,  
Shortcut <Strg><S> oder Mausklick auf die  
Schaltfläche *konstr* lassen sich die Symbole  
des Konstruktionsmoduls wieder ausblenden.

### Flyups

Ist der Menüpunkt *Optionen – flyups* aktiviert,  
werden die über die Menüleisten links und  
rechts zur Verfügung stehenden  
Auswahlmenüs bereits aktiviert bzw. sichtbar,  
wenn die Maus in die gewünschte  
Schaltfläche *bewegt* wird, sonst per Klick mit  
der linken Maustaste.

### Konvertieren

Ältere GAM – Ausgabedateien vom Typ \*.pro,  
\*.dat und \*.txt können in das ab Version 13e  
gültige Format \*.gap umgewandelt werden.

### Menü VRMLs, Dias

#### VRMLs öffnen

Gespeicherte VRML-Dateien können gewählt  
und geöffnet werden.

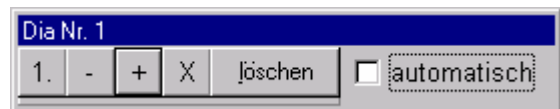
#### Dias, Verzeichnis

Die Zeichnungsdaten (Inhalt der  
Zeichenfläche) können als Datei mit dem  
Namen BILDn (Textdatei!) in ein  
voreingestelltes Verzeichnis gespeichert  
werden. n ist eine Nummer, die GAM selbst  
verwaltet. Siehe auch Menüpunkt *Dias –  
speichern*.

#### Dias, starte Diaschau

Die Dateien BILDn im aktuellen Dias -  
Verzeichnis werden der Reihe nach in der  
Zeichenfläche dargestellt.

Für die Steuerung der Diaschau stehen 6  
Schaltflächen zur Verfügung.



#### Dias, starte ab Dia Nr...

In einem Eingabefeld kann die Nummer des  
Dias eingegeben werden, welches als erstes  
angezeigt werden soll.

#### Bild (Dia) speichern

Die Zeichnungsdaten (Inhalt des  
Zeichenfeldes) werden als Datei mit dem  
Namen BILDn in ein voreingestelltes  
Verzeichnis gespeichert. n ist eine Nummer,  
die GAM selbst verwaltet. Das Verzeichnis ist  
mit dem Menüpunkt *Dias – Verzeichnis*  
auszuwählen. Mit dem Menüpunkt *Dias –  
starte Dia Schau* können Zeichnungsdaten  
der Reihe nach per Mausklick oder  
zeitgesteuert angesehen werden. Diese  
Dateien sind Textdateien.

### Menü Info

#### Neuigkeiten

Mit der Schaltfläche „Neuigkeiten“ werden  
Veränderungen gegenüber der vorherigen  
Version von GAM angezeigt.

#### Info

Hier steht ein HTML – Dokument zur  
Verfügung, das Informationen über GAM und  
über die Arbeitsweise mit GAM liefert.

Mag. Erwin Podenstorfer  
Berlinerring 54/6  
8047 Graz

Tel. 0316-302749

Homepage [www.gam3d.at](http://www.gam3d.at)  
Email [e.podenstorfer@gam3d.at](mailto:e.podenstorfer@gam3d.at)

## GAM im Unterricht

### GAM im GZ- bzw. DG – Unterricht

GAM kann in vielfacher Weise zur Festigung von Lehrplaninhalten aber auch zum kreativen Gestalten von dreidimensionalen Objekten eingesetzt werden. Hier einige Vorschläge.

- a) Verteilt wird eine (eventuell bemaßte) Axonometrie oder Perspektive (Foto) eines aus Grundkörpern zusammengesetzten Objektes. Die Aufgabe besteht darin, mit Hilfe des Programms GAM und der vorhandenen Grundkörper das vorgegebene Objekt zu erzeugen. Dabei wird geübt:

*Erkennen räumlicher Strukturen.  
Einbetten der Grundkörper in ein räumliches Koordinatensystem.  
Anwenden von Transformationen im R3.*

Schwieriger wird die Aufgabe, wenn die Axonometrie nur im Drahtmodell vorliegt. Wenn die Zeichnung nicht bemaßt ist, sollte auf Proportionen geachtet werden und passende Parameter je nach Transformation gefunden werden.

- b) Verteilt wird Grund- und Aufriss (oder Auf- und Kreuzriss) eines aus Grundkörpern zusammengesetzten Objektes, sonst wie in a)  
Zusätzlich wird geübt

*Risslesen*

- c) Herstellen von Bildern eines Objektes bei vorgegebenen Projektionsrichtungen (Seitenrisse, Ansicht von links unten usw.). Dabei wird geübt:

*Erkennen der Projektionsrichtung und ihrer Beziehung zum Objekt und Koordinatensystem (Winkel L und B).  
Erkennen der Lage von Kanten und Flächen bezgl. der Projektionsrichtung.*

- d) Zu einem vorgegebenen Objekt müssen Projektionsrichtungen gefunden werden, so dass z.B. eine bestimmte Seitenfläche sichtbar wird, eine Kante oder Seitenfläche projizierend wird oder unverzerrt erscheint. Geübt wird u.a.  
*Anwenden von Seitenrissen.*
- e) Verschiedene Ansichten eines Objektes sind vorgegeben. Es sind die zugehörigen

Projektionsrichtungen zu beschreiben und mit GAM nach vollziehen.

- f) Bei umfangreichen Projekten können Teilobjekte in Gruppenarbeit erzeugt werden.
- g) Modellieren von Modellen, Objekten in der Schule und im Umfeld der Schule im Maßstab 1 : 1 mittels GAM. Dabei wird geübt

*Erkennen der am Objekt beteiligten Grundkörper.*

*Erkennen, welche Abmessungen zur Festlegung eines Teilobjektes im Raum notwendig sind.*

*Erkennen der zu verwendeten BOOLEschen Operationen.*

Alle genannten Übungen sind losgelöst von Ordern und sonstigen Hilfslinien, die den Schüler, die Schülerin, oft vom eigentlichen Problem ablenken. Voraussetzung für die Übungen sind natürlich die Beherrschung darstellend geometrischer Grundlagen, sowie der Bedienung von GAM.

### GAM im Gegenstand Mathematik

Folgende Kapitel im Mathematik Unterricht können mit GAM unterstützend bearbeitet werden:

*Die geometrischen Grundkörper*

*Anwenden elementargeometrischer Sätze*

Pythagoras, Ähnlichkeit usw., da GAM bei der Festlegung von Objektanmessungen bzw. Transformationsparameter auch Terme zulässt. Es ist also praktisch ein Taschenrechner implementiert.

*Vektorrechnung, lineare Algebra*

Menüpunkt Matrix 3x3

*Funktionenlehre.*

GAM kann ebene und räumliche Kurven in Parameterdarstellung

$x = x(t)$ ,  $y = y(t)$ ,  $z = z(t)$  darstellen.

GAM kann Flächen  $z = f(x,y)$  als Volumenmodell oder Flächenmodell darstellen.

GAM kann Flächen  $z = x(u,v)$ ,  $y(u,v)$ ,  $z(u,v)$  darstellen

### GAM im Gegenstand WERKEN

Mit GAM kann ein Werkstück am Computer modelliert werden. Der Modellbau in der Architekturpraxis z.B. wird ja zunehmend durch Computeranimationen ersetzt. Neben anschaulichen Bildern können mit GAM auch die üblichen Planunterlagen erzeugt und maßstäblich gedruckt werden. Die Erstellung

des Netzes (mit Klebelaschen) eines Objektes mittels GAM ermöglicht auch in Zeiten des 3D – Druckers das Erzeugen einfacher Modelle.

### ***GAM im Gegenstand Bildnerische Erziehung***

Durch Modellieren antiker Bauwerke können z.B. grundlegende Erkenntnisse über die verwendeten Proportionen gewonnen werden. Exportiert man die Zeichnung im DXF - oder BMP – Format, kann sie in professionellen Zeichen- und Malprogrammen eingelesen und in künstlerischer Richtung weiter bearbeitet werden. Fassadengestaltung, Gestaltung des Raumes zwischen Bauwerken usw.