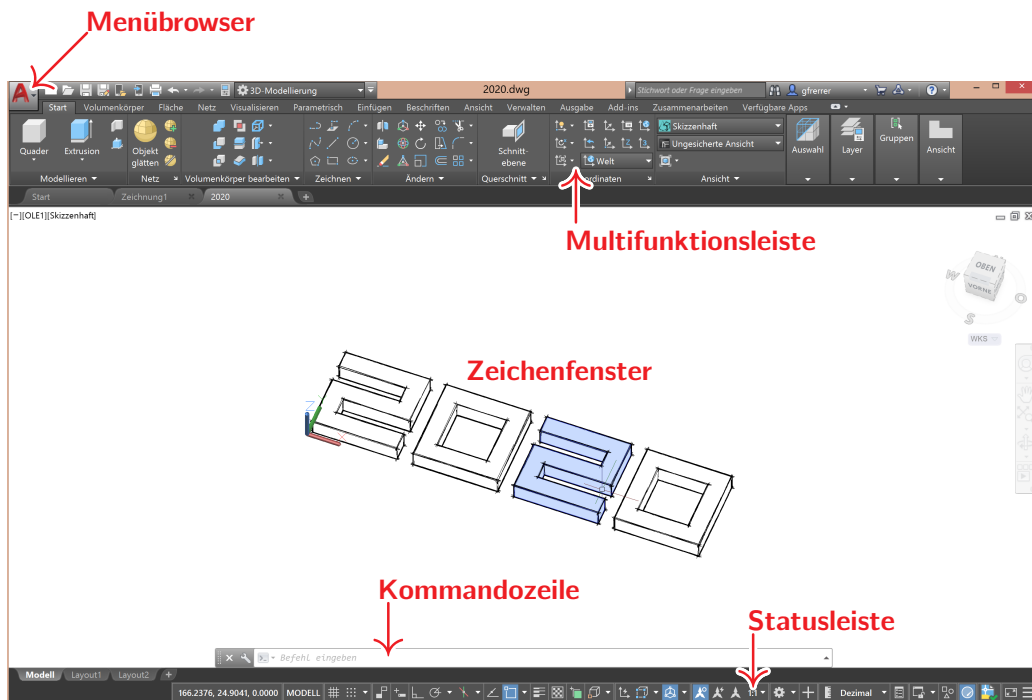


I. Arbeiten im 2D-Bereich

Wir verwenden das CAD-Paket AutoCAD in der Version 2020. Die Grafik unten zeigt eine Übersicht der Benutzeroberfläche dieses Programmes.



Wichtige Zeichenbefehle (alle in der Gruppe „Zeichnen“):



Die Koordinaten der definierenden Punkte können entweder per Mausklick oder über die Tastatur (Befehlszeile) eingegeben werden; z.B. 100, 50 (soll heißen $x=100$, $y=50$);

Wichtig: Die Dezimalstelle wird als Punkt geschrieben: 10.5, 8.7 (heißt $x=10.5$, $y=8.5$);

Hilfen:

- Löschen, Esc-Taste (= Abbruch)
- Maustastenbelegung (Zoom, Pan, Kontextmenü)
- Markieren von Objekten
- Koordinatensystem: **absolute und relative Koordinaten**, z.B. Linie von (0,0) nach (100,50) nach (150,25) ... absolut bzw. Linie von (0,0) nach (100,50) nach (@50,-25) ... relativ
- **Objekt Fang:** (Der entsprechende Button liegt in der Statusleiste) der Objektfang kann mittels dieses Buttons aktiviert bzw. deaktiviert werden. Die Fangereigenschaften können ebenfalls über den Button eingestellt werden (Mausklick rechts auf den Button; Settings); z.B. automatischer Fang von Endpunkt, Schnittpunkt, Zentrum, Mittelpunkt, usw.

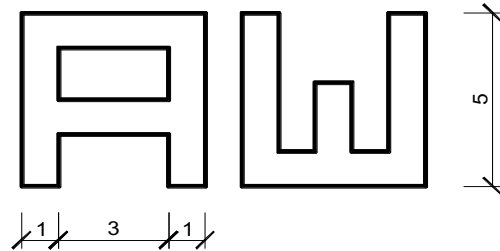


- **Ortho Modus:** (Der entsprechende Button liegt in der Statusleiste)
Nach Aktivieren dieses Modus können nur mehr horizontalen und vertikalen Linien gezeichnet werden.



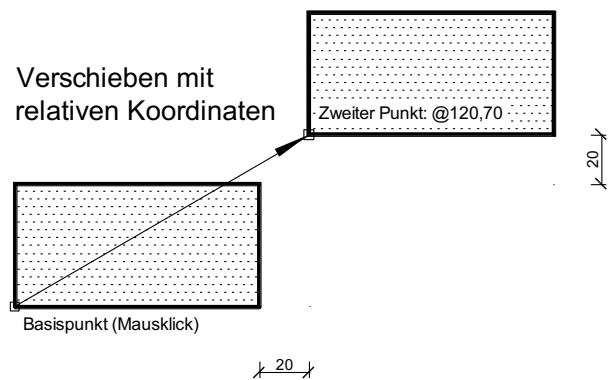
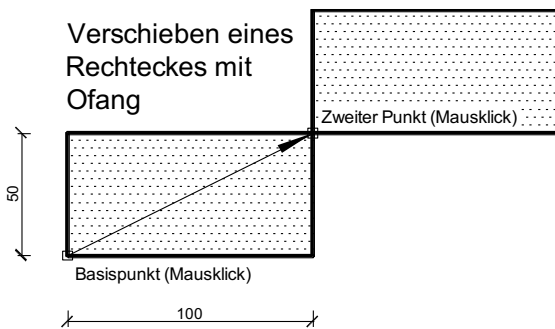
Übungsbeispiel: „Initialen“ (siehe rechts)

- Zeichnen im Orthomodus bzw.
- mit relativen Koordinaten

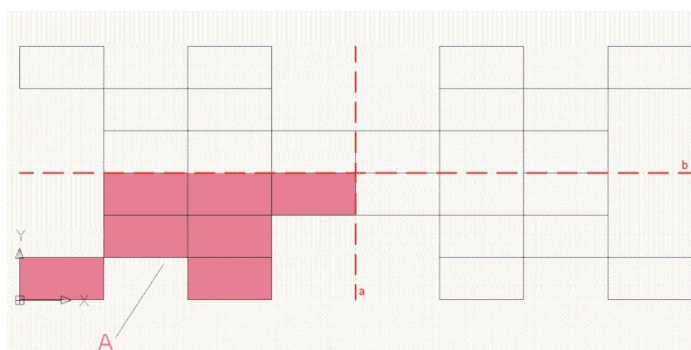


Transformationen in der Ebene (Gruppe „Ändern“)

- Schieben
- Kopieren
- Drehen
- Spiegeln



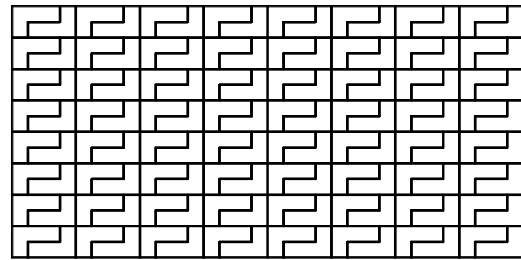
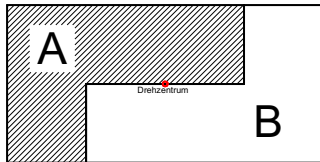
Spiegeln



Aus Rechtecken wird durch Kopieren der Bereich „A“ erzeugt und dieser an den Achsen a und b gespiegelt.

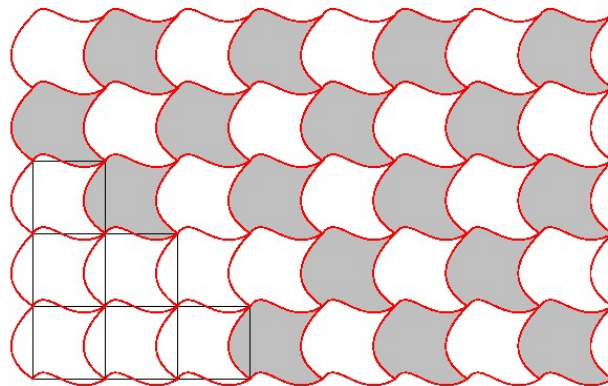
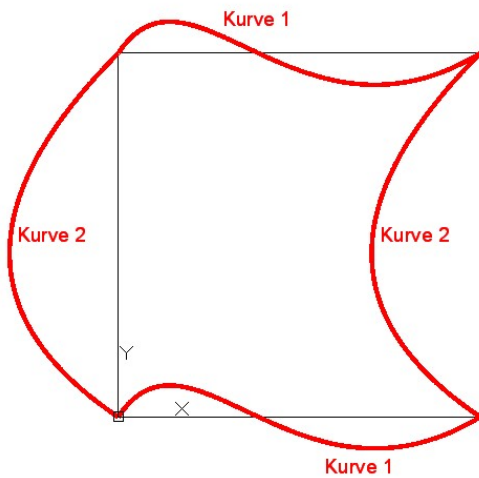
Drehen

- Die Figur „A“ wird mit einer **Polylinie** gezeichnet.
- Wie muss die Figur „A“ transformiert werden, um die Figur „B“ zu erhalten? → Drehen
(Als Zusatz kann durch Kopieren das Wandmuster in der Abbildung rechts unten erzeugt werden)



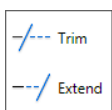
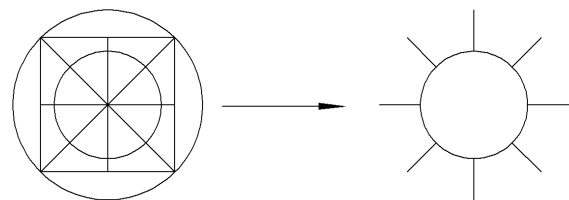
Übungsbeispiel: „Ornament“

Mit Hilfe eines Quadrates und zweier Kurven (Kurve 1, Kurve 2), die durch die Ecken des Quadrates verlaufen, lassen sich sehr einfach verschiedenste Muster für Ornamente erzeugen, die die ganze Ebene überdecken (siehe nächste Abbildung). Durch Kopieren des Ausgangsmusters um Vielfache der Quadratseitenlänge entsteht das Ornament.



Anmerkung: Der Befehl **Reihe/Array** in der Gruppe Ändern/Modify ermöglicht es mehrere Kopien in einem Arbeitsgang zu erledigen.

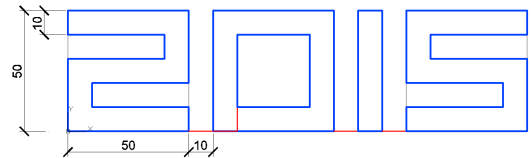
Übungsbeispiel: „Sonne“ (siehe Skriptum)
Neue Befehle: **Dehnen** und **Stutzen**
(Gruppe „Ändern“)



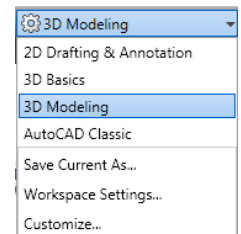
II. 3D-Bereich; Extrusion; Layer

Übungsbeispiel: „Logo 2015“ (Arbeitsschritte siehe unten)

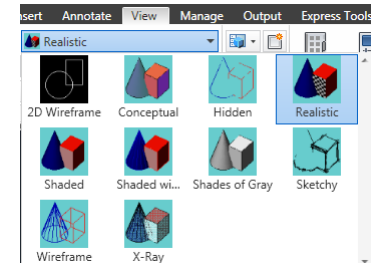
- Logo wird mit Polylinien im Orthomodus vorgezeichnet



- Umschalten des Arbeitsbereichs („Workspace“) in den **3D-Modellierungsbereich** („3D Modellieren“); Schnellzugriffsleiste (links oben)



- Evtl. Anpassen des visuellen Stils: Registerkarte: „Ansicht“;
Gruppe: „Visuelle Stile“: Hier kann der visuelle Stil geändert werden
(„Wireframe“ = Drahtmodell,
„Realistic“ = schattierte realistische Ansicht, ...)



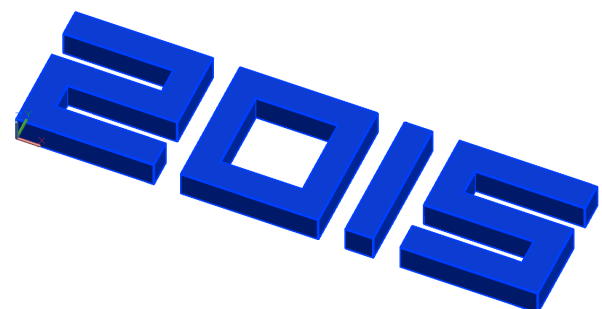
- Mit Hilfe des „View Cubes“ kann die Ansicht auf das Objekt gesteuert werden



- Neuer Befehl: **Extrusion** („Extrude“ in der Gruppe „Modellieren“),

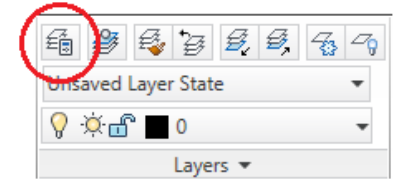


- Neuer Befehl: die Boolesche Operation **Differenz**
(„Subtract“; in der Gruppe
„Volumenkörper bearbeiten“)



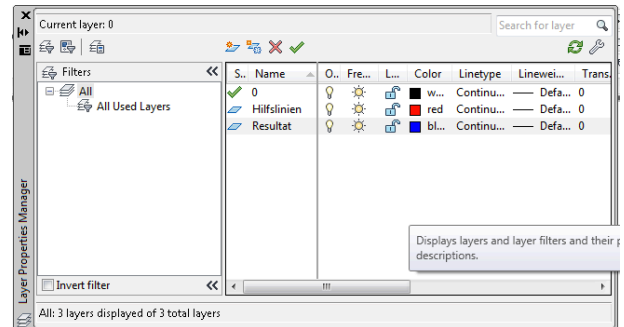
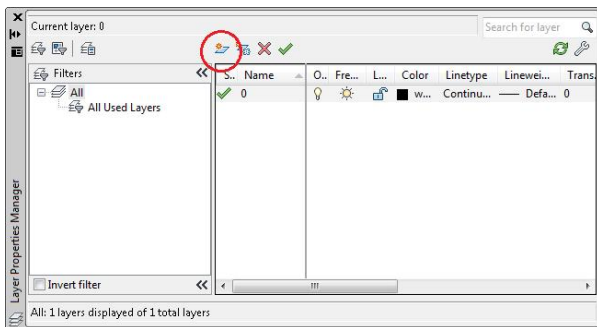
Übungsbeispiel: „Gentzen X“ (vereinfacht; siehe Skriptum; Arbeitsschritte siehe unten)

- Wir starten im Arbeitsbereich „2D Drafting & Annotation“ und legen zuerst zwei „Layer“ an: einen für Hilfslinien und einen für das Resultat:
Layer sind Zeichenebenen, die nach Bedarf aus- und eingeschaltet werden können.

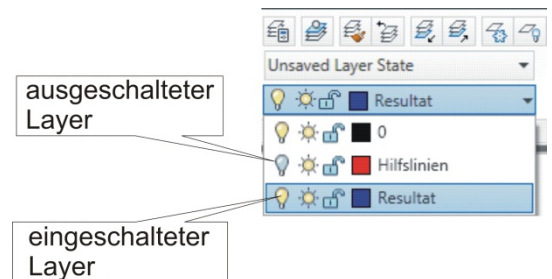


Dazu wählen wir in der Gruppe: „Layers“ den Befehl: „Layer Properties“ an.

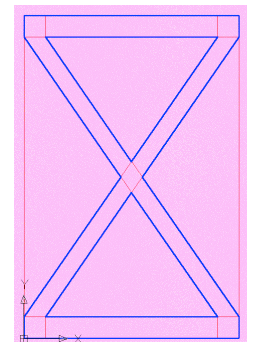
Anschließend generieren wir über den Button „New Layer“ zwei neue Layer mit den Namen „Hilfslinien“ und „Resultat“. Die Farben der Layer können hier ebenfalls festgelegt werden.



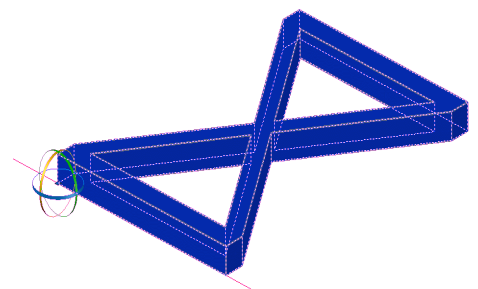
Das Auswählen des Layers, auf dem man zeichnen möchte, gelingt durch Anklicken des entsprechenden Layer-Namens. Mittels Klick auf die „Glühbirne“ kann ein Layer aus- oder eingeschaltet werden. Die auf einem ausgeschalteten Layer liegenden Objekte werden weder angezeigt noch ausgedruckt.



- Auf dem Layer „Hilfslinien“ zeichnen wir einige Hilfslinien (Abbildung rechts, rote Linien) und auf dem Layer „Resultat“ die Umrisse des „Gentzken X“ (Abbildung rechts, blaue Linien).



- Mittels Extrusion und Boolescher Differenz erzeugen wir den rechts abgebildeten Körper auf dem Layer „Resultat“.



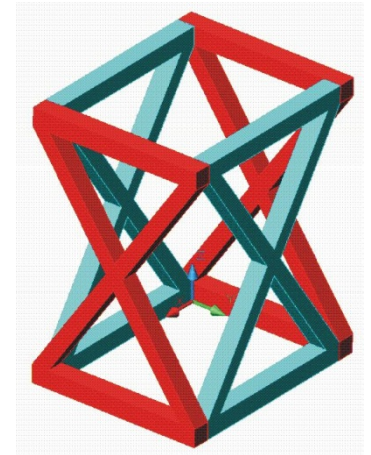
III. Räumliche Transformationen und ebene Schnitte

3D-Drehen (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Ändern“; Befehl „3D Drehen“)



Übungsbeispiel: „4 mal Gentsken X“

Das „Gentsken X“ wird aus seiner horizontalen Lage um eine horizontale Kante um 90° „aufgedreht“, dreimal kopiert und „im Rechteck“ positioniert (Befehle „Schieben“ und „3D Drehen“). Die vier Teile dürfen sich dabei nicht überschneiden, sondern nur berühren!



3D-Spiegeln (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Ändern“; Befehl: „3D Spiegeln“) und

Skalieren (Gruppe „Ändern“; Befehl: „Skalieren“)



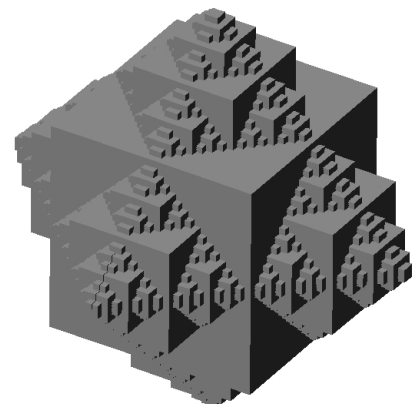
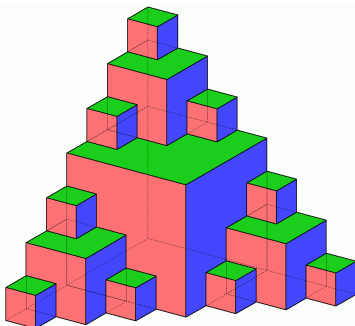
Übungsbeispiel: „Würfel-Fraktal“

Benötigtes Objekt: Quader (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Modellieren“; Befehl: „Quader“)

Benötigte Transformationen: Kopieren, Skalieren, 3D-Spiegeln



Box



Die Vereinigung aller beteiligten Würfel zu einem einzigen Objekt gelingt mit der Booleschen Operation Vereinigung (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Volumenkörper bearbeiten“, Befehl: „Vereinigung“).



3D Ausrichten (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Ändern“; Befehl „3D Ausrichten“)

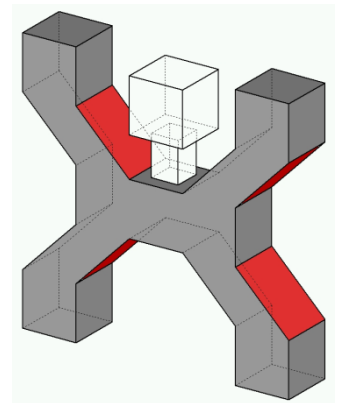


Übungsbeispiel: „X-Man“ mit Würfeln und Keilen

Benötigte Objekte: Quader und Keil (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Modellieren“)

Benötigte Transformationen: Kopieren, 3D-Spiegeln und „3D Ausrichten“
(Arbeitsschritte siehe unten)

- Zunächst wird ein Würfel (= Quader mit gleichen Kantenlängen) als „Rumpf“ des „X-Man“ erzeugt und einmal nach rechts kopiert. Der schräge Teil des rechten Arms wird durch zwei Keile hergestellt.



Das richtige Positionieren des ersten Keils kann etwa mittels des Befehls

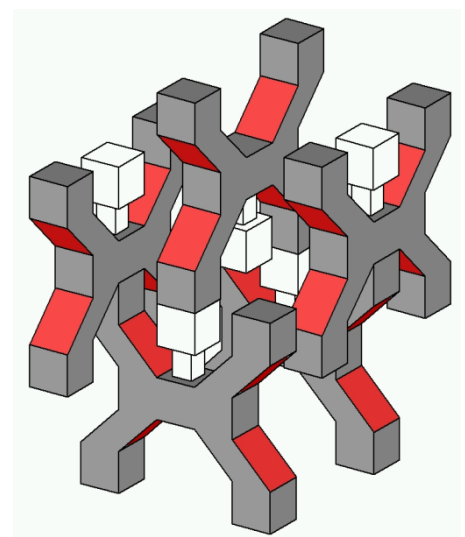
„3D Ausrichten“ (Gruppe „Ändern“) erledigt werden. Dabei müssen 3 Punkte des Originalobjekts und anschließend ihre gewünschten neuen Positionen angegeben werden.

Auf den schrägen Teil des Arms wird anschließend noch einmal der Würfel kopiert, womit der rechte Arm fertiggestellt ist.

- Die restlichen drei Extremitäten des „X-Man“ können dann durch 3D-Spiegeln erzeugt werden.

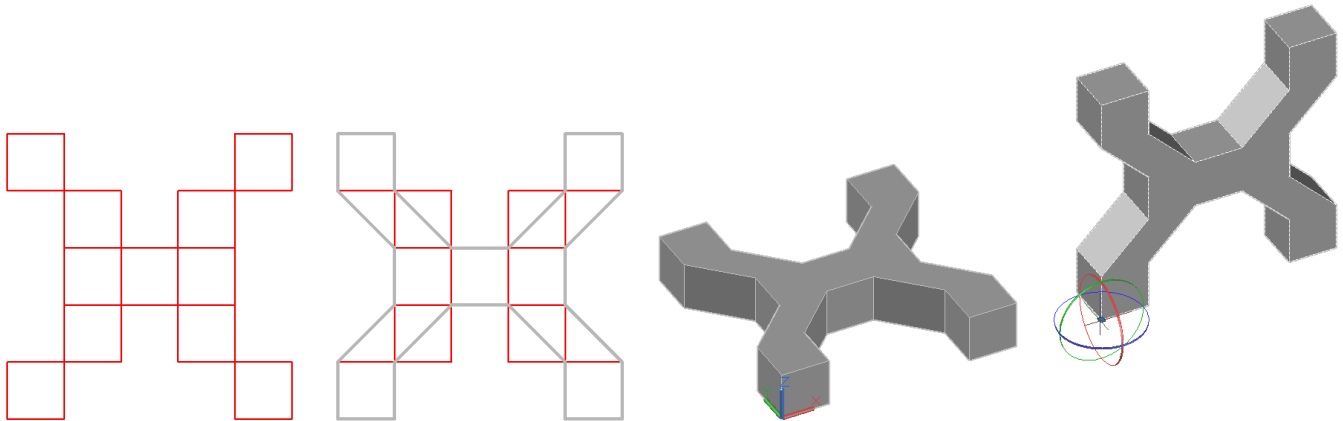


- Um das rechts abgebildete Arrangement zu erzeugen werden wieder die Befehle „Kopieren“ und „3D Ausrichten“ verwendet.



Anmerkung: Der „X-Man“ lässt sich auch durch Extrusion erzeugen!

Im Bild unten links sieht man ein Raster aus roten Hilfsquadraten über das im nebenstehenden Bild mit einer Polylinie der Umriss des X-Man gezeichnet wurde. Die Umriss-Polylinie wurde extrudiert und der liegende X-Man mit Hilfe von 3D-Drehen/3D-Rotate um 90° aufgestellt.



Kappen (ebener Schnitt) (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Volumenkörper bearbeiten“; Befehl „Kappen“) und



Durchschnitt (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Volumenkörper bearbeiten“; Befehl „Durchschnitt“)



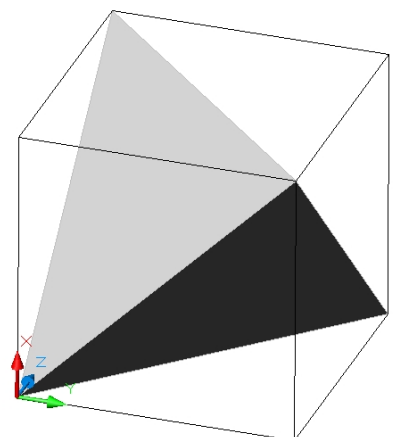
Übungsbeispiel: „Würfel \rightarrow Tetraeder \rightarrow Oktaeder“ (siehe Skriptum)

Benötigtes Objekt: Quader (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Modellieren“; Befehl: „Quader“)

Benötigte Transformation: 3D Drehen (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Ändern“; Befehl „3D Drehen“)

Benötigte Operationen: Kappen (ebener Schnitt) und die Boolesche Operation Durchschnitt .
(Arbeitsschritte siehe unten)

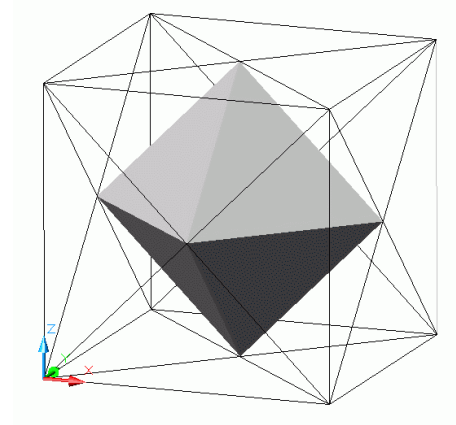
- Das regelmäßige Tetraeder entsteht aus dem Würfel durch viermaliges Kappen mit einer Ebene.



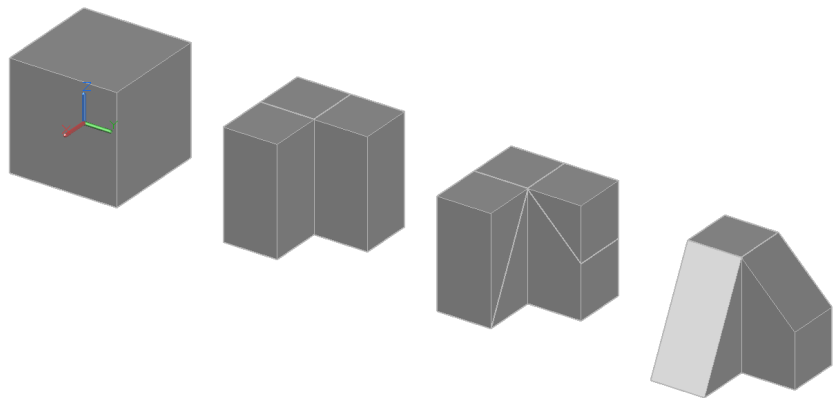
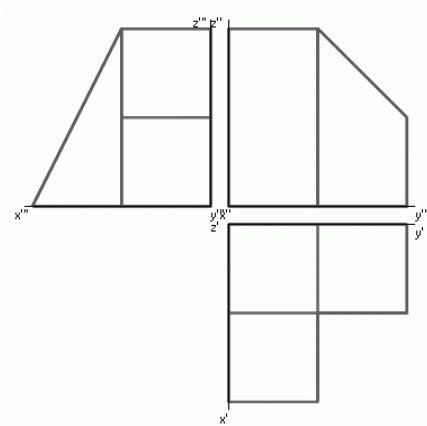
- Durch Kopieren auf sich selbst und anschließendes Drehen des Tetraeders um 90° entsteht ein weiteres Tetraeder.



- Das regelmäßige Oktaeder ergibt sich dann als Boolescher Durchschnitt der beiden Tetraeder.



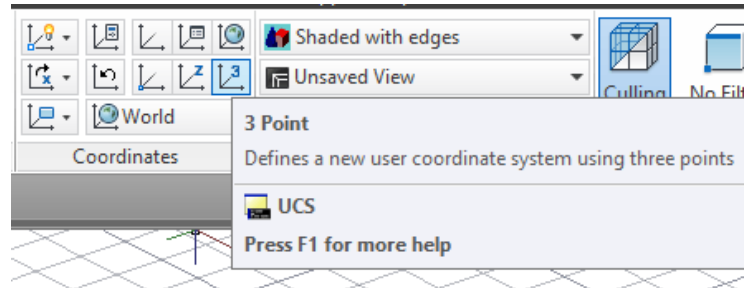
Anmerkung: Mit Hilfe der Schnittfunktion „Slice“ lassen sich etwa auch Risslese-ungsbeispiele modellieren. Man nimmt dazu einen Würfel (= Box) und schneidet (slice) diesen mehrfach in geeigneter Weise durch. Danach löscht man die Teile, die nicht benötigt werden und vereint (Vereinigung/Solid Union) die restlichen Teile zum resultierenden Objekt.



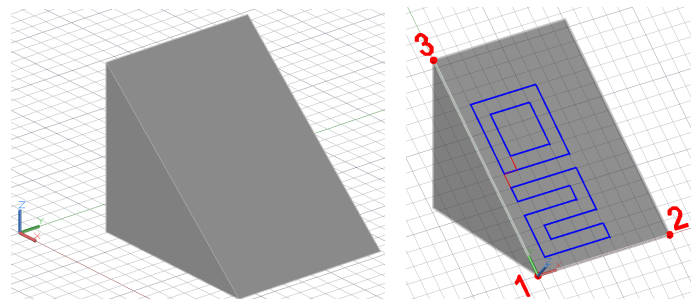
IV. Benutzerkoordinatensystem BKS (User Coordinate System UCS)

Viele Zeichenoperationen, die sich in der xy-Ebene leicht ausführen lassen, stellen in anderen Ebenen oft große Schwierigkeiten dar. Will man z.B. in der schrägen Ebene eines Keils Linien einzeichnen, steht man vor dem Problem die Koordinaten der Eckpunkte herauszufinden.

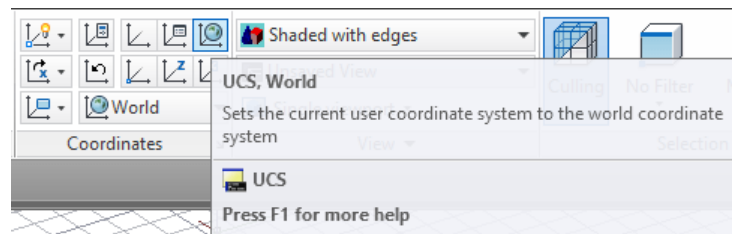
Als Hilfestellung gibt es dazu in CAD-Programmen die Möglichkeit das Koordinatensystem in beliebige Ebenen zu legen. Man nennt es dann Benutzerkoordinatensystem (BKS) bzw. User Coordinate System (UCS). Eine Möglichkeit das BKS festzulegen ist die folgende:
Man wählt drei Punkte 1, 2 und 3: Der Punkt 1 gibt den neuen Ursprung an, 2 die Lage der neuen x-Achse und 3 die Lage der neuen xy-Ebene.



Im Bild unten rechts sieht man, dass dabei das rot-grün-blaue Achsenkreuz die neue Lage einnimmt und auch das Raster in die neue xy-Ebene liegt. Die Ziffern „Zwei“ und „Null“ (blau) wurden wieder im Ortho-Modus erstellt.



Wichtig: Um wieder das ursprüngliche Ausgangs-Koordinatensystem zu erhalten, ist auf das Welt-Koordinatensystem zurückzuschalten (siehe Abb. rechts).



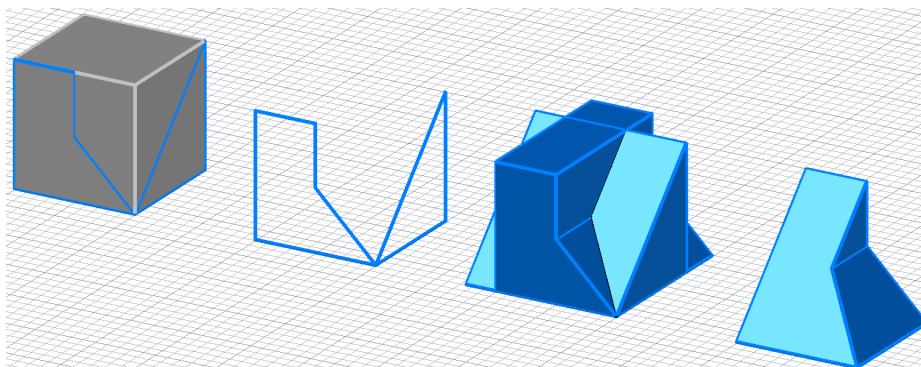
Eine mögliche Anwendung des UCS zeigt das untere Bild:

Bild 1: Auf zwei der Seitenflächen eines Würfels werden mit Hilfe des UCS Polylinien gezeichnet.

Bild 2: Der Würfel wird gelöscht bzw. dessen Layer deaktiviert.

Bild 3: Die Polylinien werden extrudiert.

Bild 4: Die beiden Extrusionskörper werden mit Hilfe der **Booleschen Operation „Durchschnitt“ (Solid Intersect)** geschnitten und es entsteht ein neuer Körper (z.B. Risslese-Übungsbeispiel).



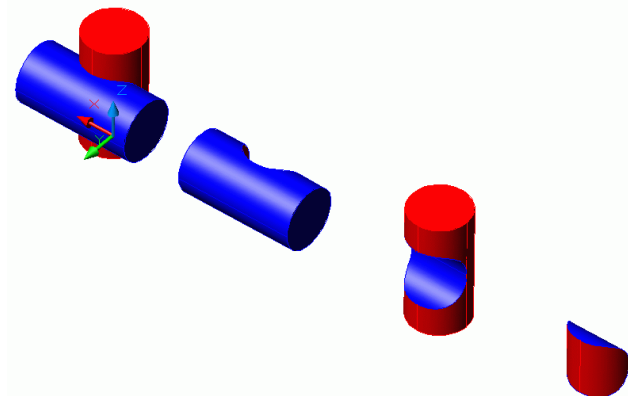
V. Weitere Beispiele

Übungsbeispiel: „Zylinderpaare“ (siehe Skriptum)

Benötigtes Objekt: Drehzylinder
(Arbeitsbereich „3D Modellieren“;
Gruppe „Modellieren“; Befehl: „Zylinder“)



Boolesche Operationen:
Vereinigung,
Differenz (zweimal),
Durchschnitt.



Übungsbeispiel: „Kreuzgewölbe“ (siehe Skriptum)

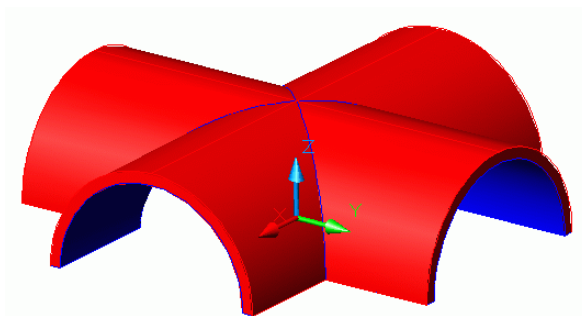
Benötigtes Objekt: Drehzylinder



Benötigte Operationen: Kappen und



Boolesche Differenz



Übungsbeispiel: „Zylinderdreibein“

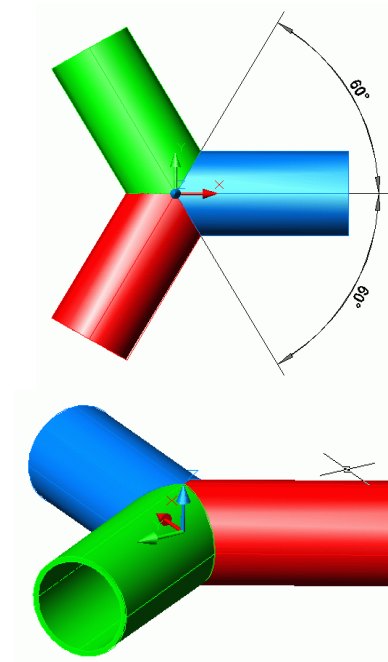
Benötigtes Objekt: Drehzylinder



Benötigte Operationen: Kappen und



Boolesche Differenz



Übungsbeispiel: „Torus“

Benötigte Objekte: Kugel und Torus (Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Modellieren“; Befehle: „Kugel“ und „Torus“).

Benötigte Operationen: 3D Drehen, Verschieben, Kappen und Boolesche Differenz.

(Arbeitsschritte siehe unten)

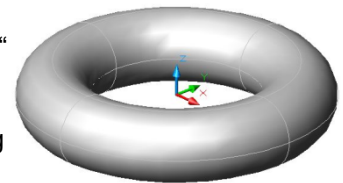
- Ein Torus T1 mit Mittenkreisradius 10 und Rohrradius 3 wird erzeugt:

Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Modellieren“; Befehl:



„Torus“

Analog

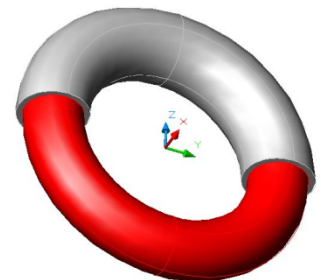


wird ein zweiter Torus T2 mit Mittenkreisradius 10 und Rohrradius 2.8 (hier rot, siehe nächste Abb.) erzeugt,

- Die beiden Tori werden mit 90° um die y-Achse gedreht.



Anschließend wird der Torus T1 mit der xy-Ebene abgeschnitten.



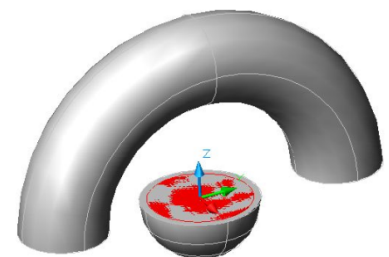
- Eine Kugel K1 mit Radius 4 und Mittelpunkt im Ursprung wird erzeugt:

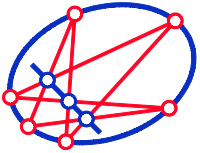
Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Modellieren“; Befehl: „Kugel“



Analog wird eine zweite Kugel K2 mit Radius 3.8 und Mittelpunkt im Ursprung generiert.

Beide Kugeln werden mit der xy-Ebene geschnitten. (Während von T1 der „obere“ Teil benötigt wird, sind es bei K1 und K2 die unteren Teile, die übrigbleiben müssen).



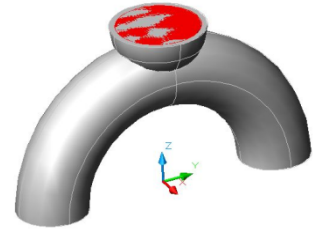


Institute of Geometry

Vorbereitungskurs zur Ergänzungsprüfung aus
Darstellender Geometrie
WS 2020/2021

CAD

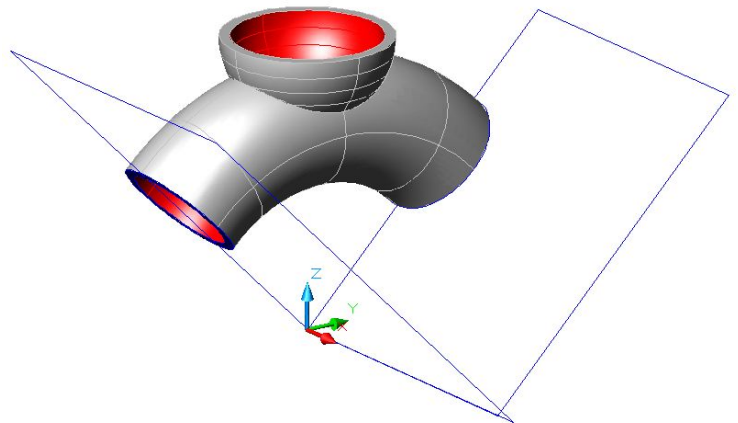
- Die Kugeln werden um 14 Einheiten in z-Achsenrichtung verschoben.



- Beim Aushöhlen der Objekte ist auf die richtige Abfolge der Booleschen Operationen zu achten: Von den beiden größeren Körpern (T1 und K1) werden die beiden kleineren (T2 und K2) subtrahiert.



- Zum Schluss wird das Objekt noch auf beiden Seiten mit Ebenen unter 45° geschnitten. Um die Schnitte durchzuführen, können Hilfsrechtecke genommen werden, die um 45° um die x-Achse gedreht werden. Mit Hilfe der Eckpunkte der Rechtecke können die beiden Schnittebenen festgelegt werden.



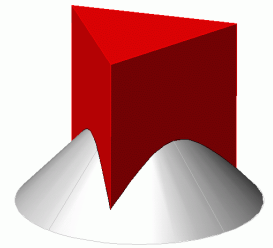
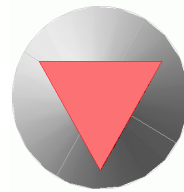
Übungsbeispiel: „Drehschalter“
(Arbeitsschritte siehe unten)

- Das dreiseitige Prisma kann durch Extrusion eines gleichseitigen Dreiecks erzeugt werden:

Gruppe „Zeichnen“; Befehl: „Polygon“
dann „Extrudieren“



„Kegel“



- Der Drehkegel wird durch den Befehl generiert:



Arbeitsbereich „3D Modellieren“; Gruppe „Modellieren“; Befehl: „Kegel“

- Achtung: Prisma und Kegel müssen vereinigt werden, damit die Schnittkurve der beiden Körper berechnet wird. Das schattierte Bild der beiden Einzelkörper alleine täuscht nur eine Lösung vor!



Übungsbeispiel: „Meißel“

- Benötigte Objekte: Drehzylinder („Zylinder“)



und Drehkegel („Kegel“)



- Um eine der beiden (symmetrischen) Schnittebenen festzulegen, verschiebt man jene Kegelerzeugenden, die parallel zu den Schnittebenen liegen und parallel durch den Mittelpunkt des Drehkegelbasiskreises. Danach ist der Kegel durch Kappen abzuschneiden.



- Am Ende werden der Drehkegelteil und der Drehzylinderteil miteinander vereinigt.

