

# Blender

## Im Internet

- <http://www.blender.org>
  - Herunterladen des Programmes (ca. 10MB)
  - umfangreiche Hilfen, Foren und Videos ([www.youtube.com](http://www.youtube.com)). Es gibt eine Unzahl von kurzen Videos zu allen nur möglichen Themen, meist allerdings auf Englisch (und davon wiederum viele anscheinend aus den g'schertesten Gegenden im Süden der USA, noch dazu gesprochen mit dem Kaugummi im Mund). Im Vergleich mit anderen Programmen ist der Umfang der Hilfedateien geradezu unendlich.
  - Blender-eigene Hilfe (meist englisch)
- 
- [http://de.wikibooks.org/wiki/Blender\\_3D\\_Tutorials](http://de.wikibooks.org/wiki/Blender_3D_Tutorials)
  - [http://de.wikibooks.org/wiki/Blender\\_Dokumentation](http://de.wikibooks.org/wiki/Blender_Dokumentation)
  - umfangreiches deutschsprachiges Blender-wiki

### Wartmann: Das Blender Buch

Sehr gute deutschsprachige Anleitung  
ISBN 978-3-89864-466-2

## Was an Blender anders ist

- Sie wählen nicht mit der linken Maustaste, sondern mit der rechten Maustaste aus.
- LMT: hat meist Bestätigungscharakter
- Edit Mode - Objekt Mode: wechseln mit TAB
- Entwerfen neuer unabhängiger Körper NUR im Objekt Modus, ebenso Änderung der Einbettung in den umgebenden Raum
- Änderung "innerer" Eigenschaften im Edit Modus
- **Strg-C** und **Strg-V** haben ganz andere Funktionen als erwartet. Statt ein Objekt zu kopieren duplizieren Sie es (mit **Shift-D**).
- Die Voreinstellungen finden Sie nicht in einem Menü, sie müssen den oberen Fensterrand herunterziehen um sie sichtbar zu machen ([Voreinstellungen](#)).
- Hilfe gibt es nicht via **F1**, sondern über das *Help*-Menü am oberen Fensterrand und vor allem: über das INTERNET
- Sie können Blender (bis auf Kleinigkeiten) komplett mit der Maus bedienen (natürlich brauchen Sie **Strg**, **Shift** und **Alt**), lassen Sie sich nicht davon abschrecken, dass in den Tutorials so viele Tastendrucke benutzt werden.
- **!!!!** Blender lässt sich ohne Nachfrage beenden **!!!!**
- Ansicht verkleinern/ vergrößern: Mousrad drehen
- Leinwand verschieben: Großschreibtaste + Mousrad drücken

## Beispiele

### Tisch

- Zuerst Arbeitsplatz unterteilen:
- mit Maus zum unteren Rand der Gitteransicht
- RMT ► Split Area ► mit LMT ziehen bis zur Mitte des Bildschirms
- zwei Fenster: Linkes Fenster: view „Top“ (Grundriss), Rechtes Fenster: view „Front“ (Aufriss)

- als Grundeinstellung speichern mit STRG+U

- Tischbeine: Objekt Modus einstellen
- Zylinder entwerfen, dann Skalieren in x- und y- Richtung mit 0.5 und in z- Richtung mit 4 oder r=1, h=8 einstellen
- Skalieren mit: SX 0.5 und bestätigen mit „Enter“ oder li MT ▶ SY 0.5 ▶SZ 4

- Tischbeine
- nacheinander kopieren: zuerst markieren Shift D GX 5 bestätigen mit „Enter“ li MT
- Shift D GY 5
- Shift D GX – 5

- Tischplatte: Objekt Modus einstellen
- Leertaste ▶ Add ▶ Mesh ▶ Cube
- Skalieren: SX7 und bestätigen ▶ SY7
- GZ4 im li Fenster Platte richtig positionieren.

- Boden-Ebene: Objekt Modus einstellen, mit Add ▶ Mesh ▶ Plane, skalieren (etwa S8) und richtig positionieren, im re Fenster mit G und Mausbewegung, bis der Tisch draufsteht.
- rechts View auf Camera stellen und ansehen. Das Bild soll im inneren gepunkteten Rahmen sein, damit die gerenderte Ansicht vollständig ist. Dazu zuerst im Grundriss die Kamera (=Pyramide) markieren und mit G geeignet bewegen, meist muss man links auch in den Aufriss wechseln und weiter die Kamera justieren. U.U. kann man die Kamera auch drehen mit R. Dann rendern lassen.
- Lichtquelle: das gerenderte Bild ist möglicherweise ziemlich finster. Dazu bewegt man die Lichtquelle genauso wie vorher das Auge, bis die Szene hell genug ist. Man kann auch weitere Lichtquellen einfügen mit Leertaste - Add Lamp (einfach ausprobieren)

## Boolsche Operationen

Das Boolean Menü erhält man, wenn man W drückt, vorher müssen die beiden Objekte markiert werden.

Eingabe: zwei markierte Objekte, Ausgabe: das neue Objekt, zu sehen ist NICHTS NEUES, markiert sind nach wie vor die ersten beiden; man wird sie in der Regel nicht mehr benötigen und kann sie löschen mit X oder Entf.

- Intersect
- Ergibt den Durchschnitt zweier Volumina. Die Originalkörper bleiben erhalten und markiert, man löscht sie sofort, dann bleibt nur die Durchschnittsmenge übrig.

- Union
- Vereinigt die beiden Volumina zu einem neuen Objekt. Die Originalkörper bleiben erhalten und markiert, man löscht sie sofort, dann bleibt nur die Vereinigungsmenge übrig.

- Difference
- Hier ist die Reihenfolge der markierten Objekte wichtig. Das zuerst markierte Objekt wird vom zweiten abgezogen. Die Originalkörper bleiben erhalten und markiert, man löscht sie sofort, dann bleibt nur die Differenzmenge übrig.  
ACHTUNG: bei letzter Version Reihenfolge umgekehrt (zuerst Minuend, dann Subtrahend, wie beim Subtrahieren von Zahlen)

## Würfel mit Bohrung, Spielwürfel

- Würfel mit Kantenlänge 8 entwerfen,
- dann Zylinder mit Radius 2 und Höhe 10.
- Zylinder markieren mit RMT Würfel mit Shift + RMT zur Markierung hinzufügen W ▶ Difference ▶ Würfel und Zylinder bleiben erhalten und markiert, man löscht sie sofort, dann

bleibt nur die Differenzmenge übrig, ein Würfel mit einer durchgehenden Bohrung.

- Da der Würfel nur eine Gitternetzfläche ist und kein "Volumen", obwohl er so aussieht, ist auch das Ergebnis nur eine Fläche, allerdings wird sie durch den Zylindermantel wieder geschlossen.
- Will man in den aufgebohrten Würfel hineinsehen, muss man die Zylinderflächen entfernen. Dazu wechselt man (bei ausgewähltem Objekt) in den UV-Face-Select-Modus, in dem man jede Fläche einzeln auswählen kann. Zurück im Edit Modus löscht man die Flächen dann.
- Variante: Spielwürfel. Dazu färbt man zuerst den Würfel in einer beliebigen Farbe: in der Werkzeugleiste unten auf die Kugel drücken, dann werden drei Schieberegler für rot - grün - blau sichtbar, mit denen man die Farbe einstellt.
- Die Ausnehmungen sollen durch Subtraktion einer Kugel entstehen. Kugel mit  $r=1.5$  entwerfen und etwas oberhalb der oberen Würfelfläche anbringen mit  $G - z - 5$ . In einer anderen Farbe färben. Differenz bilden. Ebenso kann man die Würfelflächen mit mehr Augen erzeugen.

## Aschenbecher

- 1. Zylinder entwerfen mit  $r = 4$ ,  $h = 2$  im Grundriss
- 2. Zylinder entwerfen mit  $r = 2$ ,  $h = 4$  im Grundriss und verschieben im re Fenster mit GZ1.5
- Bilden Differenz (großer Zyl. Minus kleiner Zyl) mit Boolescher Operation:
- kl. Zyl. markieren mit re MT, gr. Zyl. dazu mit Shift + re MT ►W ► Difference, markierte Objekte löschen mit X - und bestätigen mit li MT. Das Ergebnis ist der Aschenbecher ohne Auflagen für die Zigarette.
- Färben: bei markiertem Objekt auf die Kugel links unten drücken, dann Add-New anklicken und eine Farbe mit den Schieberegler für rot- grün- blau definieren.
- 3. Zyl. entwerfen mit  $r = 1$  und  $h = 10$  im Aufriss, und verschieben mit GZ1.5 ► Duplizieren mit Shift-D
- Achtung: jetzt sind ZWEI Zylinder vorhanden, man sieht allerdings nur einen, da sie genau übereinander liegen, und der zweite ist markiert. Diesen drehen um  $60^\circ$  mit R60. Dasselbe noch einmal.
- Diese drei Zylinder zu einem Objekt verbinden mit STG-J, eine andere Farbe vergeben
- Wieder Differenz bilden: Aschenbecher minus letztes Objekt. Jetzt sind die Ablagen für sechs Zigaretten vorhanden.
- Ebene entwerfen mit Add ► Mesh ► Plane und verschieben

## Kamera, Licht, Rendern

- Vorschlag: linkes Fenster variabel Aufriss/ Grundriss, rechtes Fenster: Kameraansicht (in View umschalten).
- Das Bild wird vermutlich zu groß und zu verzerrt sein. Dazu im linken Fenster die Kamera (= Pyramide) verschieben mit G und eventuell auch drehen mit R. Dazu bei Bedarf auch in den Aufriss wechseln (zum Verändern der Höhe). Am Ende soll das Bild (inkl. dem Boden) im inneren gepunkteten Rahmen sein.
- Das Bild kann nun gerendert werden, d.h. es werden alle Licht- und Schatteneffekte für die gewählte Kameraposition angezeigt. Dieses Bild kann auch gespeichert werden. Wahrscheinlich ist das Bild ziemlich dunkel, was man durch geeignetes Aufstellen der Lichtquellen ändern kann.
- Man bewegt dazu die vorhandene Lichtquelle (drei kleine konzentrische Kreise) an eine geeignete Stelle. Es werden Eigen- und Schlagschatten angezeigt. Es können auch noch weitere verschiedenartige Lichtquellen eingefügt werden. Es gibt eine Reihe von Lichtquellen, was sie genau bewirken, probiert man am besten aus.

## Kurven und Flächen

### Polygone, Flächen, Mesh

- **Vertex/ Vertices**

Ein Vertex ist ein einzelner Punkt oder eine Position im dreidimensionalen Raum. Er ist für gewöhnlich beim Rendering und im Object Mode nicht sichtbar. Der Mittelpunkt des Objekts wird ebenfalls mit einem lila Punkt dargestellt, der ist aber größer und kann nicht angewählt werden.

Es ist nicht möglich, ein Vertex «einfach so» in eine leere Szene einzufügen, da das Vertex immer Teil eines Objektes ist. Möchte man ein einzelnes Vertex erstellen, muss man ein beliebiges Objekt erstellen, geht in den Edit-Modus, löscht das Objekt. Bei gedrückter **Strg Taste** werden nun bei jedem **Klick mit LMT** neue, miteinander verbundene *Vertices* in die Szene eingefügt.

- **Edges**

Ein *Edge* verbindet immer zwei *Vertices* mit einer geraden Linie. Die *Edges* sind die «Gitterstreben», die man sieht wenn man das *Mesh* in der Wireframeansicht betrachtet. Sie werden dafür benötigt, *Faces* zu erstellen. Um ein *Edge* zu erstellen wählt man zwei *Vertices* aus und drückt **F-Taste**.

- **Faces**

Ein *Face* ist die höchste Ebenenstruktur eines Meshes. *Faces* werden dafür gebraucht um die tatsächliche Oberfläche eines Objektes zu erstellen. Um ein *Face* zu erstellen wählt man einfach vier geeignete *Vertices* aus und drücken **F-Taste**. Auch im umgekehrten Fall, dem Löschvorgang wirkt dieser Mechanismus. Wenn Sie in einem Plane das *Face* löschen, bleiben die Kanten stehen.

- **Meshobjekte**

[Netzobjekte] bestehen aus einzelnen "Knoten" [*Vertices*], das sind Punkte im 3D Raum. Zwischen den "Knoten" kann man Verknüpfungen= Kanten [*Edges*] erzeugen, also virtuelle Seile ziehen. Fertig ist das Netz. In einem 3D Bild würde man das Meshobjekt aber noch nicht sehen können, es fehlen noch die Flächen [*Faces*]. Zwischen den Verknüpfungen können die Flächen aufgespannt werden.

## Bezier Kurven

- Bézier-Kurven sind der am häufigsten genutzte Kurventyp um z.B. Buchstaben oder Logos zu entwerfen. Außerdem werden sie in Animationen eingesetzt, sowohl als Pfad an denen sich Objekte entlang bewegen sollen, als auch als IPO-Kurven, um die Eigenschaften von Objekten mit der Zeit zu ändern.
- Jeder Kontrollpunkt (Vertex) einer Bézier-Kurve besteht aus einem Punkt und zwei Anfassern. Der Punkt in der Mitte wird benutzt, um den gesamten Vertex zu verschieben. Wird er ausgewählt, werden die Anfasser mit ausgewählt. Wählt man einen der Anfasser aus, kann die Form der Kurve durch Bewegen verändert werden.
- Eine Bézier-Kurve verläuft tangential (streifend) zu dem Liniensegment, das vom Vertex zum Anfasser geht. Die "Steilheit" der Kurve - also wie sehr sie sich dem Liniensegment anschmiegt - wird durch die Länge des Handles bestimmt.
- LeerT - Add - Bezierkurve, in den Edit-Modus wechseln. Die Punkte und Stützpunkte der Tangenten können bearbeitet werden mit: skalieren S etwa mit 5, G (verschieben), R (drehen) usw.
- Hinzufügen weiterer Punkte am (markierten) Ende: STRG + LMT
- Zwischenpunkte einfügen: zwei Punkte markieren (RMT und Großschreib+RMT) dann Subdivide.
- Kurve schließen: Randpunkte markieren und C
- Es gibt vier Handle-Typen
  - *Free*: Dargestellt in schwarz. Diese können beliebig bewegt werden. (**H**) wechselt zwischen *Free* und *Aligned*.
  - *Aligned*: Dargestellt in Pink. Die Anfasser liegen in einer geraden Linie. (**H**) wechselt zwischen *Free* und *Aligned*. Beim Einfügen einer Kurve sind die Anfasser zunächst *Aligned*.
  - *Vector*: Dargestellt in Grün. Beide Teile der Anfasser zeigen entweder zum vorhergehenden bzw. zum folgenden. Taste (**V**).
  - *Auto*: Dargestellt in Gelb. Die Anfasser werden automatisch in Länge und Richtung angepasst. Dabei versucht Blender, den weichsten Kurvenverlauf zu erreichen. Taste

### (Shift-H).

- Anfasser können - genauso wie gewöhnliche Meshvertices - bewegt, rotiert und skaliert werden. Dabei ändert sich unter Umständen der Typ: *Auto*: Das Handle wird *Aligned*, *Vector*: Das Handle wird *Free*
- Übergang von der Ebene in den Raum: 3d-Knopf im Curve und Surface Paneel (zu erhalten mit F9) aktivieren. Die Kurve erhält dann "Borsten"
- **Für verschiedene Anwendungen muss man die Kurve in ein Mesh-Objekt umwandeln: Alt-C**

## Geometrische Abbildungen

- Parallelverschiebung: G  
wirksam auf markiertes Objekt: mit der Maus weiterbewegen ODER Zahlenwerte eingeben: G - x - 2 verschiebt in x-Richtung um 2 usw. ODER mit N Transformations Paneel aufrufen und dort Werte eintragen.
- Drehung: R  
sinngemäß. Gedreht wird um eine im betreffenden Riss projizierende Gerade, die normalerweise durch das "Zentrum" des Körpers geht (Pivot-Punkt). Bei Bedarf kann man ihn verlagern.
- Skalieren S  
sinngemäß. Zentrum ist wieder der Pivot-Punkt
- Spiegeln: STRG + M und Angabe einer Richtung. In Blender spiegelt man an der x-Achse, was in unserem Sprachgebrauch heißt: spiegeln an der y-z-Ebene. Dasselbe Ergebnis ergibt sich mit S - x - -1
- Symmetrisches Modellieren: im Edit Modus: Add Modifier - Mirror - Achse auswählen. Damit kann ein symmetrisches Objekt entworfen werden (ein Mensch z.B.)

## Extrusion

- ... ist ein sehr mächtiges Werkzeug zur Herstellung von Flächen. Dabei wird von einem Querschnitt ausgegangen, der bewegt, vergrößert, gedreht... werden kann.
- Im einfachsten Fall geht man von einem beliebigen Polygon aus (zeichnen mit STRG + LMT, schließen bei markiertem Anfangs- und Endpunkt mit Taste F). Das Polygon wird markiert, Taste E - gefragt wird, ob Kanten oder Ecken, normalerweise Kanten auswählen) - und dann bewegt man sich beliebig weiter, LMT fixiert eine Zwischenlage, die man u.U. bearbeiten kann. Weiter wieder mit E, Abschluss mit RMT.
- Möchte man angenommen genau nach oben (=z) extrudieren gibt man wieder ein: E - Abfrage beantworten - z - 2 - S 1.5 - R 45  
Dabei wird nach oben um 2 Einheiten extrudiert, der neue Querschnitt mit Faktor 1.5 vergrößert und um 45° gedreht.
- Aufgabe: aus einem Kreis eine schöne Vase durch Extrusion herzustellen.
- Man kann aber auch bei einem vorgegebenen Objekt einzelne Flächen extrudieren:
- Angenommen wir gehen aus von einem Würfel:  
Add - Mesh - Cube - S - 4 ein größerer Würfel wird entworfen. Dann wird mit dem Knopf Subdivide unten die Anzahl der Flächen auf der Würfeloberfläche verdoppelt (u.U. mehrfach). Man schaltet nun vom Edit-Mode in den UV-Face-Select-Mode, in dem man bestimmte Flächen auswählen kann. Dann wird auf den Edit Modus zurückgegangen und wie oben extrudiert.

## Boole'sche Operationen

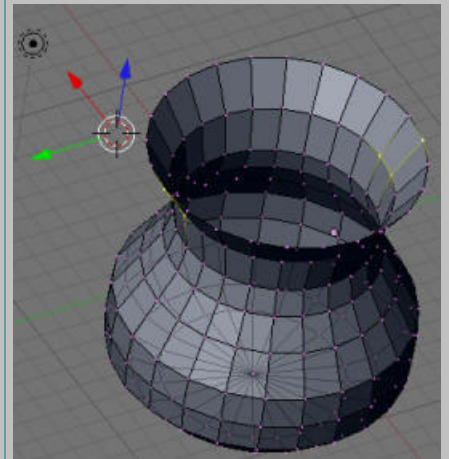
- **Difference**  
Zieht das zweite Objekt vom ersten ab. Hierbei sollten sie darauf achten in welcher Reihenfolge sie die Objekte selektieren, denn das aktive Objekt (das zuletzt ausgewählte) wird vom markierten Objekt (erste Objekt) abgezogen.
- **Union**  
Erzeugt ein neues Objekt, das das gesamte Volumen beider Objekte enthält. Wie sie in dem Bild sehen können wurde die Kugel dem Volumen des Würfels hinzugefügt.

- **Intersect**  
Erzeugt ein neues Objekt, das die Schnittmenge beider Volumina beinhaltet.
- Vorgangsweise:  
erstes Objekt markieren mit RMT - zweites Objekt dazu markieren mit Shift + RMT - W - die gewünschte Operation auswählen.  
Dann sind nach wie vor die beiden Ausgangselemente markiert, das Ergebnis ist ebenfalls vorhanden, zu sehen ist keine Änderung. Erst wenn man die Ausgangsobjekte löscht mit X ist das Ergebnis zu sehen

## Geometrie

### Drehflächen

- Man kann mit Spin ebenfalls Drehflächen erzeugen. Dazu muss eine Kurve oder ein Streckenzug definiert werden
- Streckenzug: irgendein Objekt erstellen und gleich wieder löschen: dann ist man im Edit Modus (daher muss irgendein Objekt vorhanden sein, ohne Objekt kein Edit Modus), dann werden mit STRG + LMT weitere Punkte hinzugefügt für einen passenden Streckenzug.
- Dann setzt man wieder im Objekt Modus (bei markiertem Streckenzug) im Grundriss einen Punkt der Rotationsachse (parallel zu z).
- Nun wechselt man in den Edit Modus und markiert mit A alles. Anschließend wird im Bearbeitungsfeld unten bei Spin der Drehwinkel eingestellt und die Anzahl der Schritte. Dann klickt man den Knopf Spin an und geht mit dem entstandenen Fragezeichen in den Grundriss. Nach LMT erhält man die Drehfläche.
- Wählt man eine schräg liegende Gerade, erhält man ein einschaliges Drehhyperboloid.
- Geht man von einem unteren Halbkreis aus, erhält man eine ringförmige Schale (halber Torus), geht man von einem inneren Halbkreis aus ergibt sich ein Innentorus (Felge).
- SpinDup vervielfacht nur den Querschnitt (ohne die verbindende Drehfläche), Spin erzeugt eine Drehfläche.
- **Variante:** eine Bezierkurve wird als Meridiankurve passend modelliert. Sie muss sich in der xz- oder yz-Ebene befinden. Zurück in den Objekt- Modus, Umwandeln in ein Mesh mit ALT-C. Dann mit LMT einen Punkt der Drehachse (parallel z) fixieren. Dann wie oben weiter.



### Schraubflächen

Eine Schraubung besteht aus einer Drehung um eine Achse (Schraubachse) und gleichzeitiger Parallelverschiebung entlang dieser Achse, vergleiche das Eindrehen einer Schraube oder eines Korkenziehers.

Die bei Drehung um  $360^\circ$  entstehende Höhendifferenz heißt Ganghöhe.

Verschraubt man einen Punkt, so erhält man eine Schraublinie; diese hat einige Eigenschaften mit dem Kreis gemeinsam ("aus der Ebene herausgezogener Kreis"): gleiche Krümmung, gleiche Torsion.

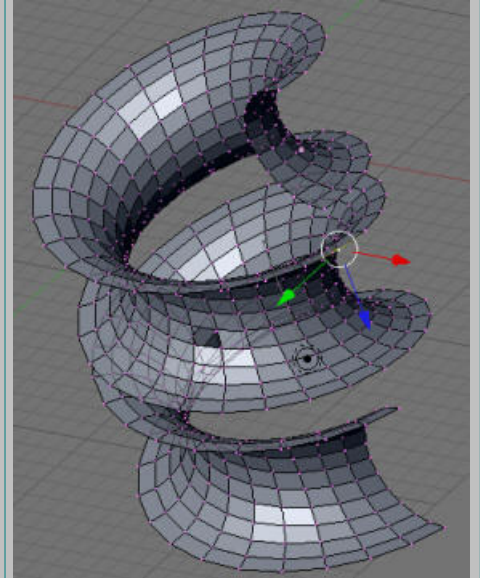
Verschraubt man eine Gerade, so erhält man Regelschraubflächen, deren prominenteste die Wendelfläche ist.

Verschraubt man Kreise, so erhält man zyklische Schraubflächen, etwa die von barocken Säulen geläufigen Normalkreisschraubflächen oder Wendelrutschen (Meridiankreisschraubflächen).



## Meridiankreisschraubfläche

- Wir zeichnen im Aufriss den Meridiankreis: Objektmodus - Leertaste - Add - circle - G x -3 angenommen.
- Jetzt sind wir automatisch im Edit-Modus und entwerfen (im Edit-Modus!!!!) eine Ebene: Leertaste - Add - Plane - s 2 - G x 2 angenommen, etwas vergrößern und nach rechts verschieben. Die Ebene wird durch ein Quadrat repräsentiert.
- Wir markieren mit b eine senkrechte Kante und löschen diese. Vom Quadrat ist damit nur die andere senkrechte Kante übrig geblieben. Diese ist für die Schraubung wesentlich: sie legt die Ganghöhe fest.
- Es fehlt noch die (zur z-Achse parallele) Schraubachse: im Objekt-Modus dazu in den Grundriss wechseln und einen Punkt eintragen (zweimal LMT).
- Zurück in den Aufriss und alles markieren, dann Screw wählen (unten) und eventuell die Anzahl der Gänge einstellen und die Feinheit mit steps (z.B. 24). Das Fragezeichen bezieht sich auf den Riss, man geht damit in den Aufriss (überall sonst erzeugt man nur eine Fehlermeldung).
- Die Schraubfläche ist fertig. Allerdings: es wurde (überflüssigerweise) auch die freie senkrechte Strecke mitverschraubt. Man kann sie nur mit einem Trick löschen: den Rand unten markieren und mit L alle anderen Vertices des Zylinders dazumarkieren. Jetzt kann man sie löschen.
- **Variante:**  
Wir zeichnen einen Kreis, verschieben und skalieren ihn auf eine vernünftige Größe ( $r=3$  z.B.), dann markieren wir die Vertices des äußeren Halbkreises und löschen ihn. Ein innerer Halbkreis ist übrig.  
Dieser legt bereits eine Schraubung fest: das Programm sucht nämlich nach zwei "freien Endpunkten", und diese findet es in den Endpunkten des Halbkreises. So wie oben vorgehen. Die beiden Gänge der Schraublinie schließen nahtlos aneinander.
- Will man das nicht: Halbkreis durch eine Strecke schließen und eine weitere Strecke hinzufügen, die die Ganghöhe darstellt. Dann weiter wie oben und am Ende die nicht erwünschten Fassetten markieren und löschen.
- Nebenbei bemerkt: markieren kann man: Vertices, edges, faces (Punkte, Kanten, Flächen) mit Hilfe von Werkzeugen unterhalb der 3d-Fenster.
- Die die Ganghöhe festlegende Strecke kann auch waagrecht sein: dann erhält man Helispiralflächen (also mit Basis archimedischer statt logarithmischer Spirale), etwa eine Uhrfeder.



## Klostergewölbe, Kreuzgewölbe

- Entwurf eines ersten Tonnengewölbes im Aufriss: Im Objekt Modus Leertaste-Add-Mesh\_Zylinder, etwa  $r=4$ ,  $h=16$ , und gleich die Begrenzungsflächen weglassen durch Drücken auf den entsprechenden Schaltknopf.
- Man ist im Edit Modus. A alles demarkieren, B Blockmarkierung einschalten, im Aufriss die untere Hälfte des Zylinders markieren, X-Vertices.
- Zurück im Objekt Modus. Mit Großschreibtaste-D die Tonne duplizieren, im Grundriss drehen mit R 90, dann erhält man ein zweites Gewölbe.
- Kreuzgewölbe: Objekt Modus: 1. Tonne markieren, mit Großschreibtaste-RMT die zweite dazu, Boole'sche Operationen W, Union, markierten Teil sofort löschen ergibt das Kreuzgewölbe.

- Klostergewölbe: Objekt Modus: 1, Tonne markieren, mit Großschreibtaste-RMT die zweite dazu, Boole'sche Operationen W, Intersect, markierten Teil sofort löschen ergibt das Kreuzgewölbe.

## DG mit Blender

eine umfangreiche Sammlung der üblichen [DG-Beispiele](#), ausgeführt mit Blender, von Koll. Ewald Zimmermann (Zwettl)

# Animationen

## Bewegung eines Würfels

Er soll gedreht, verschoben, skaliert, ... werden.

- Add Cube (oder Default-Würfel aktivieren), im Objekt-Modus (Tab) bleiben. Den Würfel in die gewünschte Ausgangsposition bringen und sicher stellen, dass Frame 1 gewählt ist. Diese Position als Bild 1 fixieren mit I - LocRot (oder was man halt alles verändern will)
- Wechsel zu Frame 11 durch Eintragen oder Pfeil-hoch Taste. Zweite Position des Würfels einrichten, Bild 11 fixieren mit I - LocRot, usw.
- Wenn man fertig ist mit Alt - A Animation ansehen.
- Bisher sieht man das kleine Animationsbeispiel nur in der Vorschau, um die Animation berechnen zu lassen sind jedoch ein paar Einstellungen in den Display Buttons F10 notwendig.  
Zunächst muss ein Avi-Format als Ausgabetypp eingestellt sein, Avi Jpeg ermöglicht zusätzlich die Einstellung der Komprimierungsqualität. Außerdem ist es sinnvoll über End: auch nur soviele Frames berechnen zu lassen, als man wirklich hat.  
Mit einem Klick auf den winzige Button ganz links oben in den Displaybuttons lässt sich der Ordner festlegen, in welchen die Animation abgespeichert werden soll.  
Mit dem großen Button ANIM starte man schließlich die Berechnung der Animation.

## Pfadanimation (Kreis)

- Im Objekt Modus wird der Kreis entworfen: LT - ADD - Kurve - Bezierkreis. Dieser wird auf eine vernünftige Größe gebracht mit S - irgendwas. Weiters wird im Objekt Modus ein Würfel hinzugefügt.
- Im Objekt Modus wird der Kreis zum übergeordneten Objekt (Parent) des Würfels gemacht: Würfel markieren mit RMT - den Kreis zur Markierung hinzufügen mit Großschreib + RMT - STRG+P - follow path auswählen. Beide Objekte werden durch eine gestrichelte Linie verbunden.
- Der Würfel soll auf den Kreis gesetzt werden: beide markieren - ALT+O - Clear Origin
- Mit ALT+A kann die Animation angesehen werden, sie geht über 100 Bilder.
- Ist im Curve and Surface Paneel (F9) Curve follow eingeschaltet (= dunkel), so dreht sich der Würfel mit, andernfalls nicht
- Film drehen wie gehabt.
- Variante:  
Leertaste - Add - Curve - Path  
Der Pfad ist wenig eindrucksvoll (ein Stück einer Geraden), er muss bearbeitet werden im Edit Modus. Bei genauerem Hinsehen erkennt man aber, dass er aus Anfangs-, End- und drei Stützpunkten besteht, die zu einem offenen Polygon verbunden sind. Die Kurve berührt in den Endpunkten die Polygonseiten. Die Punkte des Polygons kann man beliebig verändern: markieren mit RMT, zum Verschieben G, zum Rotieren R usw. Will man die Kurve an einem Ende fortsetzen: dieses Ende markieren und STRG + LMT. Schließen der Kurve: C. Einfügen weiterer Stützpunkte: die beiden vorhandenen Nachbarpunkte markieren - W - Subdivide. Der neue Stützpunkt liegt auf einer Geraden mit den markierten, ein Effekt ist erst zu sehen, wenn man einen der beiden bewegt wird. Die Kurve befindet sich an sich



zur Gänze in der x-y-Ebene, will man eine räumliche Bewegung, kann man die Kontrollpunkte im Aufriss in die Höhe ziehen.

## Pfad-Animation (am Beispiel Kamera)

- Add Curve -- Path (default automatisch: 100 Frames, Pfad von links nach rechts)
- erzeugten Path im Edit-Mode verändern (einzelne Nodepunkte)
- Pfad der Kamera zuordnen
- erst Kamera, dann zusätzlich (Shift) Pfadkurve selektieren
- Object -- Parent -- Make Parent: Follow Path (Follow Path bewirkt, dass sich das Objekt immer zum Pfad hin ausrichtet.)
- Animation im IPO-Window überprüfen
- Path-Dauer einstellen: im IPO-Fenster Typ "Path" auswählen (bei aktiver Pfadkurve) und im Edit-Mode (Tab) Keynode verschieben (Panel "Editing" (Quadrat-Icon), Reiter "Curve and Surface", PathLen:

## Material Animation

- Würfel aktivieren
- Material definieren (im Panel-Material Fenster) und dem Objekt zuweisen
- IPO-Fenster umschalten auf Material (Default: Object)
- Frame 1: mit Maus in (Material-)Panel-Fenster "i"-Taste: RGB Key setzen (erstes Material)
- Frame 40: Material des Objekts ändern (nicht vordefiniertes Material ändern), erneut RGB-Key setzen
- Ergebnis im normalen Fester-Modus (Ctrl/rightarrow) prüfen (Bei aktiviertem IPO-Fenster wird die Farbanimation nicht angezeigt.)

## Armature-Animation 1

- **AUFGABENSTELLUNG:**  
es sollen zwei aus Armaturen bestehende Zweige hergestellt werden, die sich im Wind wiegen.
- Im Objekt Modus wird eine Armature eingefügt mit LT - add Armature. Man sieht einen kleinen unregelmäßiges Tetraeder, der Fuß ist markiert. Da es recht klein ist, wird es skaliert, etwa S - 4 oder: in den Edit Modus wechseln, dann ist die Spitze markiert, diese mit G - z - 3 anheben.
- Nun auf jeden Fall Übergang in den Edit Modus. Jetzt ist die Spitze ist markiert. Eine zweite Armature anhängen durch Extrusion: E - z - 4 (angenommen), eine dritte ebenso.
- Daneben soll eine ähnliche Armature erstellt werden. Im Editmodus weiter mit LT - add - Bone. Vorgang von vorhin wiederholen. Die sechs Armaturen bilden EIN Objekt (weil sie im Edit Modus angelegt wurden), sie können zB. nicht einzeln markiert werden im Objektmodus. Sind sie markiert, steht ein weiterer Modus zur Verfügung, der Pose Modus.
- Es soll nun eine Animation hergestellt werden: die beiden sollen sich wie Zweige im Wind bewegen, einmal der eine, dann der andere oder beide zugleich.
- Wir befinden uns in Frame 1, die Framenummer erscheint in einem Zahlenfeld rechts im Header des *Buttons Window*. Wir wählen alle Bones mit A, bzw. **A ▶A** aus und stellen sicher, dass sich der Mauszeiger über dem 3D-Fenster befindet und drücken **I**. Das *InsertKey* Menü erscheint, wir speichern nun einen sogenannten IPO (Interpolation) Key nämlich *LocRot* aus. Damit wird die Position und die Rotation der ausgewählten Bones in Frame 1 gespeichert.
- *Erst den Frame wechseln, dann die Position*, also Frame 11 (Pfeil hoch). Der untere Knochen wird um -30° gedreht, dann der mittlere ebenfalls und der obere auch, alle Knochen markieren mit A - A. Dann I - LocRot
- *Erst den Frame wechseln, dann die Position*, also Frame 21 (Pfeil hoch). Die Knochen wieder gerade stellen, alle Knochen markieren mit A - A und I - LocRot
- *Erst den Frame wechseln, dann die Position*, also Frame 31 (Pfeil hoch). Der untere Knochen wird um 30° gedreht, dann der mittlere ebenfalls und der obere auch, alle Knochen markieren mit A - A. Dann I - LocRot
- *Erst den Frame wechseln, dann die Position*, also Frame 41 (Pfeil hoch). Die Knochen wieder

gerade stellen, alle Knochen markieren mit A - A und I - LocRot

- Die Animation ist jetzt fertig gestellt und kann mit Alt+A angesehen werden.
- BEACHTEN: Programmierung der Animation im Pose-Mode, beim Speichern müssen immer alle Knochen markiert sein. Knochen sind übrigens immer unsichtbar beim Rendern.
- Wünscht man eine weitere unabhängige Armature, muss man sie im Objekt-Modus entwerfen wie die erste.

## Armature-Animation 2a

- **Vorbereitung: Körper mit hinreichend vielen Vertices entwerfen.**  
Das soll auf einfachste Weise geschehen: LT - Add Mesh - Cube - S z 8 ergibt einen Quader im ausmaß x-y-z = 2-2-16. Wir wechseln in den Edit Modus verfeinern den Raster mit viermal Subdivide. Am Ende der Arbeit (um überflüssige Rechenzeit zu vermeiden) kann man das Objekt auch noch abrunden; dazu geht man in den Edit-Modus und wählt bei den Modifiern Subsurf an: *Modifier*-Panel - *Add Modifier* - *Subsurf* .
- Es werden jetzt vier Knochen eingezogen. Dazu im Objekt Modus das Fadenkreuz ungefähr in die Mitte der unteren Fläche setzen (es darf kein Objekt markiert sein!!) und mit Shift-S - Cursor auf Grid genau ausrichten. Dann wie vorher beschrieben die Knochen einfügen (beginnen im Objekt Modus, dann wechseln in den Edit Modus).
- Günstig ist es bei markierter Armatur den Knopf X-Ray zu drücken, dann bleiben die Armaturen sichtbar, auch wenn sie von einem Objekt umgeben sind.
- **Skinning:** Nun müssen die Knochen und das Objekt verbunden werden. Im Objekt Modus den Quader markieren, dann dazu die Armatur STRG P - Make Parent to Armature. Die folgende Frage: Create Vertex Groups kann auf verschiedene Weise beantwortet werden, HIER angenommen mit: Create from Envelopes.  
Anmerkung: dazu gibt es in der Literatur verschiedene Meinungen, s.u.
- Abgeschlossen wird durch Wechsel in den Objekt Modus und Make Real.
- Dadurch wurde um jeden Teil der Armatur eine Zone geschaffen, und alle innerhalb dieser Zone liegenden Vertices werden bei einer Bewegung mitgenommen und verformt. Nun kann eine beliebige Animation der Armatur (wie oben beschrieben) erfolgen, das Objekt wird dabei mitverformt.

## Armature-Animation 2b

- Wir kehren zurück an die Stelle, wo Armatur und Objekt entworfen, aber noch nicht verbunden wurden. Würden wir die Bones jetzt bewegen, würde sich das Objekt noch nicht mitbewegen. Wir müssen einerseits die Armature mit dem Körper verbinden und andererseits festlegen, welche Vertexgruppen von welchem Bone abhängen. Diesen Vorgang nennt man *Skinning*. Dabei werden Vertices den Knochen zugewiesen, so dass sich diese mit den Knochen mitbewegen und dabei auch verformt werden.
- Wir wählen im Objekt Modus den Zylinder aus, dann Shift + RMT auf die Armature. Der Körper sollte magenta und die Armature pink erscheinen.
- Strg-P macht die Armature zum *Parent* [Elternteil] des Körpers. Es erscheint eine Dialogbox, Wir wählen *Armature* aus.
- Es erscheint ein weiteres Menü. Man könnte versuchen die Zuordnung "Vertices->Bone" vom Programm automatisch erledigen zu lassen. Wir lassen aber keine Vertexgruppen erstellen und wählen alternativ zu oben *Don't Create Groups* aus
- Aus dem Armature Parent muss nun ein echter Modifier erstellt werden: Wir wählen den Zylinder aus und klicken auf dem *Modifiers* Panel neben *Armature Parent Deform* auf *Make Real*
- Im nächsten Schritt muss ausgewählt werden, welche Teile des Meshes von welchem Bone bewegt werden. Dazu müssen Vertexgruppen erstellt werden. Blender bietet hierzu (auch) eine intuitive Technik an, die *Weight Painting* [Einfluss aufmalen] genannt wird, da mit einer Art Pinsel die Einflussstärke - in diesem Fall eines Bones - auf das Mesh aufgemalt wird wie eine Farbe. Gleichzeitig werden die entsprechenden Vertexgruppen von Blender automatisch erstellt. Um die Vertexgruppen braucht man sich also - bei Benutzung des *Weight Painting* - nicht zu kümmern.
- Wir wählen den Zylinder aus und schalten für den Zylinder den *Weight Paint* Modus an, es sollte dann ein Bone markiert sein. In den *Editing* Buttons ist ein neues Panel aufgetaucht, als wir in den *Weight Paint* Modus geschaltet haben, das *Paint* Panel. Dabei ist *Weight* das

Gewicht - also 1 für vollen Einfluss des Bones, 0 für keinen Einfluss, *Opacity* ist die Deckkraft des Pinsels.

- Mit der LMT kann nun der Teil des Objektes, der vom ausgewählten Bone beeinflusst werden soll, rot eingefärbt werden. Zum Erreichen eines perfekten Ergebnisses muss das Objekt von allen Seiten gedreht werden.

Ein komplizierteres Beispiel, genau erklärt: [das Lebkuchenmännchen](#)

## Material Animation

- Würfel erzeugen, aktivieren (was er ohnehin ist)
- Falls nötig mit F5 Material Fenster öffnen, ein Material (z. B. eine Farbe) definieren und dem Objekt zuweisen
- das andere Fenster auf IPO-Fenster umschalten und unten auf Material (Default: Object)
- Frame 1: mit **Maus im Material-Panel-Fenster** "i"-Taste drücken und RGB Key setzen (erstes Material)
- Frame 11: Material des Objekts ändern, erneut RGB-Key setzen usw.
- Ergebnis im normalen Fenster-Modus mit ALT-A prüfen
- Ebenso kann z. B. die Farbe der Lichtquelle verändert werden
- <http://math.hws.edu/eck/cs424/s10/lab8/index.html>
- [http://de.wikibooks.org/wiki/Blender\\_Dokumentation:\\_Ipo-Curves\\_bearbeiten](http://de.wikibooks.org/wiki/Blender_Dokumentation:_Ipo-Curves_bearbeiten)

## Ipo-Curves

- Die Kontrolle der Bewegungen erfolgt durch die sog. **I(nter)po(lations)Kurven**, die man in einem eigenen Fenster aufrufen kann (in der Werkzeugleiste auf das vergitterte Fenster-Symbol drücken und auswählen. Eine IpoKurve ist grundsätzlich so aufgebaut: nach rechts wird die Framenummer (also praktisch die Zeit) aufgetragen und nach oben die sich mit der Zeit ändernde Größe. Welche dabei in Frage kommen, ist in der rechten Spalte aufgelistet, sie entsprechen den Möglichkeiten, die man beim Aufruf von I beim Herstellen einer Animation vorfindet. Wenn sich ein Objekt beispielsweise auf und ab bewegt, wird die Kurve LocZ relevant.
- Zunächst muss man sich mit den Bearbeitungsfunktionen auseinandersetzen. Mit MMT kann man den Ausschnitt verschieben, mit "Mausrad drehen" kann man proportional vergrößern/ verkleinern, mit STRG + Mausrad + (auf und ab) ändert man den Maßstab in senkrechter Richtung und mit STRG + Mausrad + (rechts und links) in waagrechter Richtung.
- Eine Bewegung wird grundsätzlich durch eine Bezierkurve interpoliert mit waagrechter Anfangs- und Endtangente. D.h. eine Bewegung beginnt langsam, wird schneller, wird wieder langsamer und kommt zum Stillstand. Man kann nun die Kurve mannigfach verändern (wenn man z.B. ein Objekt gegen die Wand fahren will), dazu geht man in den Edit Modus und hat die üblichen Werkzeuge zur Verfügung (wie beim Bearbeiten von Bezierkurven sonst). Wenn man den Interpolationstyp ändern will, wählt man z.B. die Schaltfläche Points an und dann Interpolation usw.
- Eine umfangreiche Beschreibung findet man hier:  
[http://de.wikibooks.org/wiki/Blender\\_Dokumentation:\\_Ipo-Keys\\_und\\_Ipo-Curves](http://de.wikibooks.org/wiki/Blender_Dokumentation:_Ipo-Keys_und_Ipo-Curves)  
[http://de.wikibooks.org/wiki/Blender\\_Dokumentation:\\_Ipo-Curves\\_bearbeiten](http://de.wikibooks.org/wiki/Blender_Dokumentation:_Ipo-Curves_bearbeiten)

# Modifier

## Der Subsurf Modifier

**Catmull-Clark** Algorithmus (Edwin Catmull, Jim Clark 1978)

Ausgegangen wird von einem beliebigen Mesh-Objekt (Gitternetzobjekt), beispielsweise einem Würfel. Dieser dient als Kontrollobjekt, dem dann weitere Punkte, Kanten und Flächen hinzugefügt werden, die das eigentliche Subsurf Objekt bilden; dieses ist "runder" und weist mehr Punkte,

Kanten und Flächen auf. Das Hinzufügen geschieht in etwa so, am Beispiel des Würfels (sechs Flächen, zwölf Kanten, acht Ecken):

- jeder Fläche wird deren Schwerpunkt als Flächenpunkt hinzugefügt
- ebenso jeder Kante der Mittelpunkt als Kantenpunkt.
- wir sind inzwischen bei 18 Eckpunkten gelandet
- Jeder Flächenpunkt wird nun mit jedem Kantenpunkt zu einer Kante verbunden
- Jeder Originalpunkt wird jetzt ersetzt durch das gewichtete Mittel zwischen ihm selber, dem Mittelwert aller seiner (neuen) Flächenpunkte angrenzender Flächen und dem Mittelwert aller seiner (neuen) Kantenpunkte angrenzender Kanten
- wir erhalten zusätzlich acht Punkte, also 26 Ecken.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Catmull%E2%80%93Clark\\_subdivision\\_surface](http://en.wikipedia.org/wiki/Catmull%E2%80%93Clark_subdivision_surface)

Vorgangsweise:

- Wir entwerfen einen Würfel und schalten in den Edit Modus.
- Dann Add Modifier >> Subsurf. Wenn als Rekursionstiefe 1 eingestellt ist, erhalten wir das oben beschriebene Polyeder, bei Tiefe 2 ein wesentlich verfeinertes.
- Zu beachten ist, dass der ursprüngliche Würfel (durchscheinend) weiter existiert, und dass Änderungen am Würfel sofort auf das neue Objekt durchschlagen. Man kann also am Ausgangswürfel alle möglichen geometrischen Transformationen durchführen (G, R, S, Extrusion, ...)
- Besonders imposante Ergebnisse erhält man, wenn man Kanten oder Flächen des Ausgangsobjektes löscht, das Ergebnis wird dann aufgerissen.

## Mirror Modifier

- Er spiegelt entlang der lokalen X, Y oder Z-Achse des Objektes, was so zu verstehen ist: eine Spiegelung entlang der X-Achse bedeutet eine Spiegelung an der y-z-Ebene.)
- Dann kann man noch nahe beieinander liegende Punkte von Bild und Urbild verschmelzen [merge].
- Eine Änderung des Urbildes zieht die entsprechende Änderung des Spiegelbildes nach sich

## Array Modifier

Mit dem Array-Modifier erzeugt man viele Kopien eines Objektes.

- Alle Änderungen am Ausgangsobjekt wirken sich immer auf alle Objekte aus.
- Die Anzahl an Kopien kann automatisch an eine bestimmte Länge (z. B. einer Kurve) angepasst werden.
- Die Kopien werden jeweils um eine bestimmte Strecke versetzt (skaliert, rotiert) angeordnet. Dieser Versatz (Skalierung, Rotation) kann animiert werden. Damit werden sehr komplexe Animationen möglich.
- Die Vertices benachbarter Objekte können verschmolzen werden, so dass der Eindruck eines durchgehenden Objekts entsteht.
- Der Array-Modifier kann mehrfach angewendet werden.
- Verwendung für Gartenzäune, Säulenhallen, Leitern, Bahnschwellen, Ketten, Tentakel usw. Er kann für alles eingesetzt werden, was man bisher mit

## Solidify Modifier

er dient dazu, einem Objekt eine Wandstärke zu verleihen. Man findet ihn nicht bei den Modifiers sondern unter: Mesh >> Scripts

<http://www.youtube.com/watch?v=FRfdVDqzpvI>

# Modellieren von (Freiform-) Flächen

## Modellieren von Flächen durch Animation

Es soll als einfaches Beispiel ein Torus konstruiert werden, der durch Rotation eines Kreises um eine Achse entsteht (zur Erklärung, der Torus ist als eigenes Objekt vorhanden).

In Blender wird dazu der Profilkreis am Pfadkreis entlang geführt und zwar so, dass seine Achse (=Normale auf die Kreisebene durch den Mittelpunkt) Tangente der Pfadkurve ist.

- Im Objektmodus eine beliebige Bahnkurve entwerfen (Bezier- oder Nurbskurve). Gegebenenfalls im Editmodus nach Bedarf weiter bearbeiten.
- Im Objektmodus eine Profilkurve einfügen mit:  
LT – Add – Surface – Nurbskurve oder –kreis. Nimmt man eine Nurbskurve so bindet man die Endpunkte an das Stützpolygon mit EndpunktU.  
Gegebenenfalls im Editmodus weiter bearbeiten.
- Die Profilkurve wird an die Bahnkurve gebunden (Schema Hund – Leine – Herrl) durch:  
A (alles demarkieren) – RMT auf Profilkurve – Großschreib + RMT auf Bahnkurve – Object \_ Parent – Normal Parent oder:  
F9 - Curve and Surface panel - Curve Path and Curve Follow (Curve's settings: Curve Path and Curve Follow).  
Dann Alt O – Clear Origin
- Alt S startet eine Animation. Mit TrackX/Y/Z and UpX/Y/Z tracking buttons kann man die Profilkurve rechtwinkelig zur Bahnkurve stellen oder nicht.
- Im Objektmodus markiert man die Profilkurve, im Anim settings panel drückt man auf DupliFrames, dann werden alle Zwischenlagen angezeigt.
- Weiter im Objekt Modus: durch Strg+Großschreib+A werden die einzelnen Lagen „real“
- Im Objektmodus alle Lagen markieren mit A und verbinden mit Strg+J
- Im Editmodus alles markieren und mit F zu einer Fläche verbinden
- Aus dem Nurbs Surface-Objekt wird nun ein Meshobjekt gemacht: in den Objekt-Modus wechseln und mit Object->Convert Object Type in ein Meshobjekt umwandeln.
- Falls das Modell eine Lücke hat: In den Edit-Modus wechseln, die Vertices an den offenen Enden die Vertices auswählen und durch den Menübefehl Mesh->Faces->Make Edge/Face im Pop-up-Fenster Make Faces . und den Eintrag Skin Faces/Edge-Loops anwenden.  
Der Bezierkreis wird nicht mehr benötigt und kann entfernt werden.

## Skinning

Darunter versteht man die Gestaltung einer Oberfläche, die durch mehrere Profile festgelegt ist. In Blender geschieht das, indem man mehrere Kurven mit den gewünschten Formen erstellt, und diese dann durch eine einzige NURBS Oberfläche verbindet.

- Zunächst wird im Objekt Modus die erste Flächenkurve, eine Surface Kurve entworfen durch: LT ->Add->Surface->NURBS Curve (KEINE Bézierkurve und auch keine reine NURBS-Kurve !!!).
- Anschließend wird sie auf den Typ Endpoint U und Endpoint V gesetzt (auf dem Curve Tools-Panel der Editing-Buttons bei F9. Dann geht sie nämlich durch den ersten und letzten Stützpunkt und berührt dort die jeweilige Seite des Stützpolygones.
- Diese wird im Edit Modus so lange verformt, bis sie die gewünschte Form erreicht hat. Dazu kann man neue Stützpunkte einfügen durch Subdivide, die Kurve verlängern, die bestehenden Stützpunkte verlagern usw., auch vorgegebene Koordinaten könnte man eingeben über das Normpaneel N.
- Danach verlässt man den Edit Mode mit Tab. Jetzt kopiert man mit SHIFT-D die Kurve und verlagert die Kopie beliebig. Im Edit-Modus kann man sie auch noch einzeln verändern, allerdings darf die Anzahl der Stützpunkte nicht verändert werden. Wegen des Glättungseffektes muss man, um scharfe Kanten zu erzeugen, die Querschnitte sehr nahe beisammen anordnen. So verfährt man entsprechend oft, bis man das Gerippe der Fläche erstellt hat.
- Nun wählt man im Objektmodus alle Kurven aus (der Reihe nach mit RMT bzw. Shift+RMT oder mit A demarkieren und durch Block-Select mit B, wobei man darauf achten muß, dass

Kamera und Lichtquelle oder sonstige fremde Objekte nicht mitmarkiert sind, und verbindet sie zu einem Objekt durch STRG+J (Join selected NURBS).

- Jetzt wechseln wir in den Edit Mode (TAB) und wählen mit A alle Kontrollpunkte aus. Um Flächen zwischen den Profilen zu erzeugen (das eigentliche Skinnen) drückt man F. Die Oberfläche kann nun durch Bearbeiten der Kontrollpunkte weiter verformt werden. Damit die Oberfläche glatter wird, muss ResolU und ResolV erhöht werden.
- Wichtig ist hier, dass alle Profile dieselbe Anzahl von Kontrollpunkten haben. Durch Aktivieren von EndpoinU, UniformU, BezierU erhält man weitere Interpolationsflächen, darunter (anscheinend) auch eine Bezierfläche (geht durch die Ecken des Stützpolygones).

## Extrusion entlang einer Kurve

- Man führt dabei eine Profilkurve an einem Pfad entlang. Sowohl Profil als auch Pfad können eine Bézier oder eine NURBS Kurve sein. Man beginnt also mit zwei derartigen Kurven, die als separate Objekte in die Szene eingefügt werden.
- Die Profilkurve kann man (in ihrem Edit-Modus nach Belieben verändern, vor allem sollte man sich ihren standardmäßig vorgegebenen Namen merken bzw. ihn im Normepaneel N ändern; von der Pfadkurve sollte man aber vorerst seine Finger lassen.
- Nun sollte man den Pfad auswählen und in seinen Edit-Buttons (F9) als BevOb: den Namen der Profilkurve eintragen. Als Ergebnis erhält man eine durch das Profil definierte Oberfläche, die entlang des Pfades verläuft. Dabei ist seine Z-Achse tangential zum Pfad ist ausgerichtet, über die Lage der anderen Achsen ist keine vernünftige Auskunft zu erhalten, es wird aber wohl so sein, wie in der Theorie der Extrusionen bei VRML, vermutlich in Richtung von Haupt- und Binormale der Kurve.

## Konstruktion einer Freiformfläche mit vorgeschriebenen Stützpunkten

- Über einem 4 x 3 Raster sollen die Stützpunkte einer Freiformfläche angeordnet sein. Daher entwirft man zuerst den Raster mit LT - Add - Grid und gibt dann als Werte 5 x 4 (!! ) ein. Im nächsten Schritt gibt man die z-Koordinaten der Stützpunkte ein indem man im Edit Modus (nur in diesem ist der Raster als solcher erkennbar) der Reihe nach jeden Einzelnen markiert und im Normenpaneel N die z-Koordinate einträgt oder mit G - z - Koordinate einträgt.
- Als nächstes wird im Objekt Modus bei markiertem Objekt der SubSurf Modifier aufgerufen (Add Modifier), weiters auf Catmull-Clark eingestellt und ein beliebiger Level vorgegeben. Man erhält sofort eine NURBS- Fläche. Diese geht nicht durch die Stützpunkte, auch nicht die an den Ecken.
- Um den tangentialen Durchgang an den Ecken zu erzwingen, führt man mit K einen Schnitt durch, der eine Ecke zwar nicht abschneidet, aber drei neue Stützpunkte einführt. Diese neuen Punkte markiert man der Reihe nach und gibt jedem Einzelnen im Normenpaneel die Koordinaten des Eckstützpunktes. Dadurch werden (offensichtlich) die Gewichte der NURBS Fläche so verändert, dass sie in gewünschter Weise durchgeht (nämlich tangential zu den Seiten der beiden hier angrenzenden Stützpolygone)
- Glätten kann man die Fläche noch durch SetSmooth im Link and Materials Paneel.

## Verformen längs einer Kurve (Curve Deform)

- Wir starten mit der Standardszene in Blender und löschen zunächst den Würfel. Stattdessen fügen wir einen Drehzylinder ein (SHIFT-A -> Add -> Mesh -> Cylinder, etwa  $r=1$  und  $h=1$ ), dann drehen wir in gleich um die x-Achse um  $90^\circ$  ( R - x - 90), damit er waagrecht daliegt. Im Edit Modus markieren wir den oberen Rand und extrudieren ihn mehrfach in y-Richtung durch E - Region - y - 1, so dass wir im Endeffekt einen mehrfach segmentierten Zylinder haben (so schmiegt er sich besser der Kurve an). Dasselbe hätte man auch durch einen höheren Zylinder mit dem Messer Werkzeug K erhalten können.
- Noch eleganter ist folgende Methode: man fügt einen Kreis ein mit LT - Add - Mesh - Circle und geht in den Edit Modus. Wir wollen ihn gleich in Richtung z zehnmal um jeweils eine



Einheit extrudieren. Man nimmt dazu im Mesh-Tools Paneel folgende Einstellungen vor: Steps: 10, Offset: 1 und aktiviert dann Extrude Dup. Es bildet sich ein Fragezeichen, mit diesem klickt man den Grundriss an (es wird parallel zur jeweils projizierenden Achse extrudiert).

- Nun drücken wir TAB um den Edit Mode zu beenden. Wir fügen Sie nun eine Bezier-Kurve hinzu (SHIFT-A -> Add -> Curve -> Bezier Curve). Diese wird ausreichend vergrößert und im Edit Modus auf eine gefällige Form gebracht.
- Nun wählen wir den Zylinder aus mit RMT und zusätzlich die Kurve mit SHIFT-RMT. Dann drückt man Strg-P um das Make Parent-Menü zu öffnen und wählt Curve Deform aus. Der Zylinder wird dann entlang der Kurve gebogen. Wählt man ihn allein aus mit RMT und bewegt ihn in der Y-Richtung mit G-Y, der voreingestellten Hauptrichtung, wird sich der Zylinder entlang der Kurve verformen.
- Bewegt man den Affen in andere Richtungen als die Hauptachse, sind die Verformungen schwer zu kontrollieren. Aber es hindert einen natürlich niemand, das einmal auszuprobieren. Einstellen kann man es im Anim Settings Paneel.

## Beispiele

### Bsp.1: Würfel mit Bohrung

- Würfel mit Kantenlänge 8 entwerfen, inneren Würfel mit Kantenlänge 7.5. Inneren vom äußeren abziehen.  
dann Zylinder mit Radius 2 und Höhe 10.
- Zylinder markieren mit RMT Würfel mit Shift + RMT zur Markierung hinzufügen W - Difference Würfel und Zylinder bleiben erhalten und markiert, man löscht sie sofort, dann bleibt nur die Differenzmenge übrig, ein Würfel mit einer durchgehenden Bohrung.
- Da der Würfel nur eine Gitternetzfläche ist und kein "Volumen", obwohl er so aussieht, ist auch das Ergebnis nur eine Fläche, allerdings wird sie durch den Zylindermantel wieder geschlossen.
- Will man in den aufgebohrten Würfel hineinsehen, muss man die Zylinderflächen entfernen. Dazu wechselt man (bei ausgewähltem Objekt) in den UV-Face-Select-Modus, in dem man jede Fläche einzeln auswählen kann. Zurück im Edit Modus löscht man die Flächen dann.

### Bsp.2: Würfel mit Bohrung, Spielwürfel

- Würfel mit Kantenlänge 8 entwerfen
- Dazu färbt man zuerst den Würfel in einer beliebigen Farbe: in der Werkzeugleiste unten auf die Kugel drücken, dann werden drei Schieberegler für rot - grün - blau sichtbar, mit denen man die Farbe einstellt.
- Die Ausnehmungen sollen durch Subtraktion einer Kugel entstehen. Kugel mit  $r=1.5$  entwerfen und etwas oberhalb der oberen Würfeloberfläche anbringen mit G - z - 5. In einer anderen Farbe färben. Differenz bilden. Ebenso kann man die Würfeloberflächen mit mehr Augen erzeugen.

### Bsp.3: Schraubfläche

- Wir zeichnen im Aufriss den Meridiankreis: Objektmodus - Leertaste - Add - circle - G x -3 angenommen.
- Jetzt sind wir automatisch im Edit-Modus und entwerfen (im Edit-Modus!!!!) eine Ebene: Leertaste - Add - Plane - s 2 - G x 2 angenommen, etwas vergrößern und nach rechts verschieben. Die Ebene wird durch ein Quadrat repräsentiert.
- Wir markieren mit b eine senkrechte Kante und löschen diese. Vom Quadrat ist damit nur die andere senkrechte Kante übrig geblieben. Diese ist für die Schraubung wesentlich: sie legt die Ganghöhe fest.
- Es fehlt noch die (zur z-Achse parallele) Schraubachse: im Objekt-Modus dazu in den Grundriss wechseln und einen Punkt eintragen (zweimal LMT). Zurück in den Aufriss und alles markieren, dann Screw wählen (unten) und eventuell die Anzahl der Gänge einstellen und die Feinheit mit steps (z.B. 24). Das Fragezeichen bezieht sich auf den Riss, man geht damit in den Aufriss (überall sonst erzeugt man nur eine Fehlermeldung).
- Die Schraubfläche ist fertig. Allerdings: es wurde (überflüssigerweise) auch die freie

senkrechte Strecke mitverschraubt. Man kann sie nur mit einem Trick löschen: den Rand unten markieren und mit L alle anderen Vertices des Zylinders dazumarkieren. Jetzt kann man sie löschen.

#### Variante:

- Wir zeichnen einen Kreis, verschieben und skalieren ihn auf eine vernünftige Größe ( $r=3$  z.B.), dann markieren wir die Vertices des äußeren Halbkreises und löschen ihn. Ein innerer Halbkreis ist übrig.
- Dieser legt bereits eine Schraubung fest: das Programm sucht nämlich nach zwei "freien Endpunkten", und diese findet es in den Endpunkten des Halbkreises. So wie oben vorgehen. Die beiden Gänge der Schraublinie schließen nahtlos aneinander.
- Will man das nicht: Halbkreis durch eine Strecke schließen und eine weitere Strecke hinzufügen, die die Ganghöhe darstellt. Dann weiter wie oben und am Ende die nicht erwünschten Fassetten markieren und löschen.
- Nebenbei bemerkt: markieren kann man: Vertices, edges, faces (Punkte, Kanten, Flächen) mit Hilfe von Werkzeugen unterhalb der 3d-Fenster.
- Die die Ganghöhe festlegende Strecke kann auch waagrecht sein: dann erhält man Helispiralflächen (also mit Basis archimedischer statt logarithmischer Spirale), etwa eine Uhrfeder.

#### Bsp.4: Bezier Kurven

- LeerT - Add - Bezierkurve, in den Edit-Modus wechseln. Die Punkte und Stützpunkte der Tangenten können bearbeitet werden mit: skalieren S etwa mit 5, G (verschieben), R (drehen) usw.
- Hinzufügen weiterer Punkte am (markierten) Ende: STRG + LMT, Zwischenpunkte einfügen: zwei Punkte markieren (RMT und Großschreib+RMT) dann Subdivide. Kurve schließen: Randpunkte markieren und C, Übergang von der Ebene in den Raum: 3d-Knopf im Curve und Surface Paneel (zu erhalten mit F9) aktivieren. Die Kurve erhält dann "Borsten"
- **Für verschiedene Anwendungen muss man die Kurve in ein Mesh-Objekt umwandeln: Alt-C**

#### Bsp.5: Extrusion:

Aus einem Kreis eine schöne Vase durch Extrusion herzustellen.

#### Bsp.6: Drehflächen

- Man kann mit Spin ebenfalls Drehflächen erzeugen. Dazu muss eine Kurve oder ein Streckenzug definiert werden.
- Streckenzug: irgendein Objekt erstellen und gleich wieder löschen: dann ist man im Edit Modus (daher muss irgendein Objekt vorhanden sein, ohne Objekt kein Edit Modus), dann werden mit STRG + LMT weitere Punkte hinzugefügt für einen passenden Streckenzug.
- Dann setzt man wieder im Objekt Modus (bei markiertem Streckenzug) im Grundriss einen Punkt der Rotationsachse (parallel zu z). Nun wechselt man in den Edit Modus und markiert mit A alles. Anschließend wird im Bearbeitungsfeld unten bei Spin der Drehwinkel eingestellt und die Anzahl der Schritte.
- Dann klickt man den Knopf Spin an und geht mit dem entstandenen Fragezeichen in den Grundriss. Nach LMT erhält man die Drehfläche.
- Wählt man eine schräg liegende Gerade, erhält man ein einschaliges Drehhyperboloid.
- Geht man von einem unteren Halbkreis aus, erhält man eine ringförmige Schale (halber Torus), geht man von einem inneren Halbkreis aus ergibt sich ein Innentorus (Felge).
- SpinDup vervielfacht nur den Querschnitt (ohne die verbindende Drehfläche), Spin erzeugt eine Drehfläche.
- **Variante:** eine Bezierkurve wird als Meridiankurve passend modelliert. Sie muss sich in der xz- oder yz- Ebene befinden. Zurück in den Objekt- Modus, Umwandeln in ein Mesh mit STR-C. Dann mit LMT einen Punkt der Drehachse (parallel z) fixieren. Dann wie oben weiter

#### Bsp.7: Schraubfläche (Meridiankreis-)

- Wir zeichnen im Aufriss den Meridiankreis: Objektmodus - Leertaste - Add - circle - G x -3 angenommen.
- Jetzt sind wir automatisch im Edit-Modus und entwerfen (im Edit-Modus!!!!) eine Ebene: Leertaste - Add - Plane - s 2 - G x 2 angenommen, etwas vergrößern und nach rechts verschieben. Die Ebene wird durch ein Quadrat repräsentiert.
- Wir markieren mit b eine senkrechte Kante und löschen diese. Vom Quadrat ist damit nur die andere senkrechte Kante übrig geblieben. Diese ist für die Schraubung wesentlich: sie legt die Ganghöhe fest.
- Es fehlt noch die (zur z-Achse parallele) Schraubachse: im Objekt-Modus dazu in den Grundriss wechseln und einen Punkt eintragen (zweimal LMT).
- Zurück in den Aufriss und alles markieren, dann Screw wählen (unten) und eventuell die Anzahl der Gänge einstellen und die Feinheit mit steps (z.B. 24). Das Fragezeichen bezieht sich auf den Riss, man geht damit in den Aufriss (überall sonst erzeugt man nur eine Fehlermeldung).
- Die Schraubfläche ist fertig. Allerdings: es wurde (überflüssigerweise) auch die freie senkrechte Strecke mitverschraubt. Man kann sie nur mit einem Trick löschen: den Rand unten markieren und mit L alle anderen Vertices des Zylinders dazumarkieren. Jetzt kann man sie löschen.

### Bsp.8: Variante:

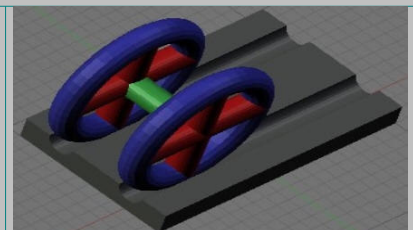
- Wir zeichnen einen Kreis, verschieben und skalieren ihn auf eine vernünftige Größe ( $r=3$  z.B.), dann markieren wir die Vertices des äußeren Halbkreises und löschen ihn. Ein innerer Halbkreis ist übrig.
- Dieser legt bereits eine Schraubung fest: das Programm sucht nämlich nach zwei "freien Endpunkten", und diese findet es in den Endpunkten des Halbkreises. So wie oben vorgehen. Die beiden Gänge der Schraublinie schließen nahtlos aneinander.
- Will man das nicht: Halbkreis durch eine Strecke schließen und eine weitere Strecke hinzufügen, die die Ganghöhe darstellt. Dann weiter wie oben und am Ende die nicht erwünschten Fassetten markieren und löschen.
- Nebenbei bemerkt: markieren kann man: Vertices, edges, faces (Punkte, Kanten, Flächen) mit Hilfe von Werkzeugen unterhalb der 3d-Fenster.
- Die die Ganghöhe festlegende Strecke kann auch waagrecht sein: dann erhält man Helispiralflächen (also mit Basis archimedischer statt logarithmischer Spirale), etwa eine Uhrfeder.

### Bsp 9:

- Mit Blender sollen entworfen werden.
- ausgehend von einer Bezier Kurve eine vasenartige Drehfläche
- eine Extrusionsfläche, die aus einem Kreis gebildet wird (Spule oder Spindel)
- eine Schraubfläche
- eine Kugel, die entlang einer Bezier Kurve oder eines Bezier Kreises zwischen den Flächen herumrollt
- die Körper sollen bunt gefärbt und ausreichend beleuchtet sein, die Kamera muss in einer passenden Position sein
- die Blender-Datei und die Animation als avi-Datei in die Eigenen Dateien speichern.

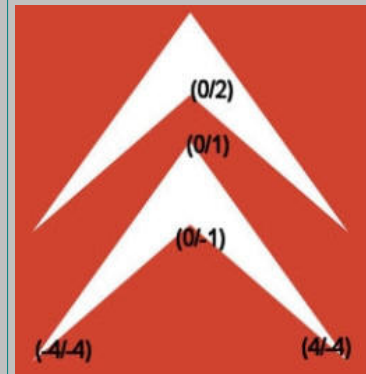
### Bsp 10:

- Konstruiere ein Rad nach dem Muster nebenan, bestehend aus Torus, mit zylindrischen Speichen.
- Dazu ein zweites und eine Achse dazwischen
- Eine Unterlage mit Spurrillen
- Animation: das Rad soll in der Spurrille hin- und herfahren



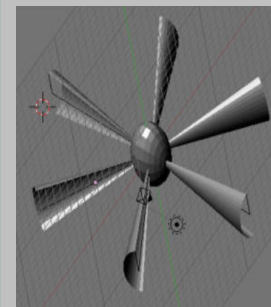
### Bsp 11: Logo

- Konstruiere eine PLANE, lösche zwei Ecken und ergänze die übrigbleibende Strecke mit STRG+P zu einem Deltoid, das ungefähr so aussieht wie einer der Winkel. Schließen mit F, den Streckenzug zu einer Fläche machen noch einmal mit F
- Mit N das Normen Paneel aufrufen und die Koordinaten der Punkte genau eintragen.
- Das Deltoid ein kleines Stück extrudieren, weiß färben anschließend duplizieren und um 3 Einheiten mit G verschieben, so dass ein zweiter Winkel entsteht, beide verbinden.
- Eine quadratische Platte 9\*9\*1 konstruieren, rot färben und genau unter die Winkel legen.
- Die Platte soll aufrecht stehen und sich um ihre Mittellinie drehen, und zwar von der Ausgangslage nach rechts um 90° und zurück und nach links um 90°
- Vernünftige Licht- und Kameraeinstellungen, Film drehen.



### Bsp 12: Windrad (Klapotetz)

- Konstruiere einen Drehkegel ( $r=3$ ,  $h=12$ ) mit Achse z, entferne eine Hälfte und skaliere ihn in der Breite auf 0.5. Entferne alle überflüssigen Flächen. Füge eine Kugel an der Kegelspitze hinzu und skaliere sie in einer Richtung mit 2.
- Dupliziere und drehe dann den einen Flügel, so dass einige weitere Flügel entstehen.
- Das Rad soll sich dann noch drehen. Ausgestaltung!



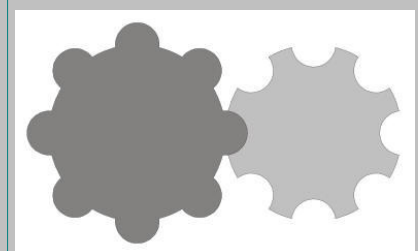
### Bsp 13: Schnellbahn Logo

Drei dünne rechtwinkelige weiße Quader mit den Abmessungen jeweils  $0.5*2*0.5$  wie aus der Zeichnung zu sehen, dann vereinigen, dann auf einen blauen Drehzylinder  $r=3$ ,  $h=1$  legen, so dass etwa 2mm der Höhe herausragen, dann subtrahieren). Der Zylinder samt dem Logo soll sich drehen. (Ohne den grauen Rand)



### Bsp 14: Zahnräder

- Gegeben sind zwei Zahnräder ( $R=4$ ), die (in Wirklichkeit komplizierteren) Zahnflanken werden durch Kreise ( $r=1$ ) angenähert.
- Modelliere die Zahnräder (passende Ansicht, ausreichend Lichtquellen) und speichere das gerenderte Bild UND die Blender-Datei.
- Die Zahnräder sollen sich drehen. Die Animation soll als avi-Datei gespeichert werden.



### Bsp 15: U-Bahnwürfel

- Konstruiere zuerst ein erhabenes U: Zylinder,  $r=2$ ,  $h=0.5$  symmetrisch zur  $y-z$ -Ebene Dann einen Quader durch Skalieren eines Würfels mit  $x*y*z=4*4*0.5$  ebenfalls symmetrisch zur  $xy$ -Ebene
- Verschiebe ihn um 2 in der  $y$ -Richtung, Vereinige beide zu einem Objekt.
- Entferne (Differenz) einen koaxialen Zylinder zum ersten mit  $r=1$ . Das Gebilde hat ein kreisförmiges Loch bekommen
- Entferne einen noch Quader passender Größe, so dass ein U überbleibt
- Konstruiere einen Würfel mit Kantenlänge 12 und schneide ihn mit einer Kugel mit  $r=8$  (Durchschnitt). Damit ist der Körper der Würfeluhr entstanden.
- Das vorher konstruierte U ist auf eine der lotrechten Würfel­flächen zu legen. Durch Drehung um die  $z$ -Achse auch auf die anderen drei.
- Ordentliche Ausgestaltung, Farbe, Licht, Kameraposition, rendern lassen.

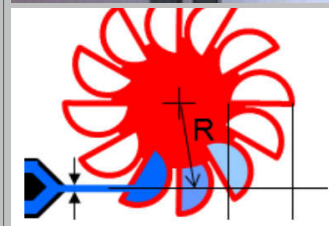


### Bsp. 16: Objekt



### Bsp. 17: Turbine

- Eine (stark vereinfachte) **Pelton­turbine** soll modelliert werden.
- Ausgegangen wird von einer Kugel (UVsphere)  $r=5$ , die obere Hälfte wird gelöscht. Die restliche Halbkugel wird bei  $y=-4$  durch eine Ebene (plane) und links (ab  $x=-3$ ) durch einen hinreichend großen Würfel (cube) abgeschnitten (die letztere Schnittfläche ist teilweise offen, sie wird vollständig geschlossen)
- Das Objekt wird nun skaliert, in der  $x$ -Richtung und in der  $z$ -Richtung mit Faktor 0.5, dann werden einige Flächen markiert und in der  $y$ -Richtung extrudiert, so dass sich eine Art Stiel ergibt; dann wird dupliziert, an der  $x$ -Achse gespiegelt und verbunden.
- Die fertige Schaufel wird nun in  $y$ -Richtung verschoben (etwa um -12), dupliziert und um die  $x$ -Achse gedreht, etwa um  $45^\circ$ , so dass sich dann acht Schaufeln ergeben. Nun wird noch das Schaufelrad hinzugefügt (zylindrischer Ring oder Torus), Speichen, die tragende Welle usw.
- Abschließend werden Kamera und Lichtquelle passend positioniert und die Drehung um die  $y$ -Achse programmiert, die Animation als \*.avi Datei gespeichert.
- Der Vorgang soll in Form einer Präsentation (mit Bildschirmfotos) dokumentiert werden.



### Bsp 18: Armature Animation (Vorbereitung)

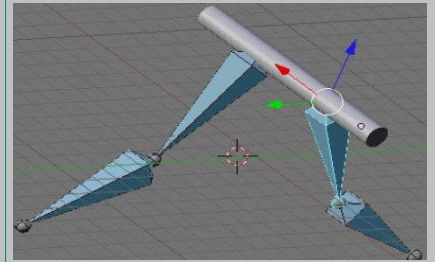
- Füge eine Armatur ein mit LT – Add – Armatur
- Diese ist sehr klein (Höhe 1), daher vergrößern: Übergang in den Edit-Modus mit TAB, dann ist die Spitze markiert. Diese nach oben ziehen mit G – z – 3, dann ist sie 4 hoch.
- Weiter im Edit Modus: Extrudieren mit E – z –, dann ist eine weitere, genauso große vorhanden. Noch einmal.
- Diese soll sich nun bewegen wie ein Schilfrohr im Wind. Dazu geht man in den für

Armaturen geschaffenen Pose-Modus. Hier kann man die Armatur beliebig bewegen.

- Frame 1: im Pose Mode alles markieren, I – Rot.
- Frame 11: im Pose Mode unteren Bone drehen, dann mittleren, dann oberen, alle markieren, I – Rot usw.

### Bsp 19: Armature Animation (Vorbereitung)

- An einer waagrechten zylindrischen Stange sind zwei zweigliedrige Armaturen befestigt
- Diese sollen zuerst parallel sein und nach unten hängen, dann soll die eine nach vor schreiten, die andere zurück, dann sollen sie wieder parallel sein, dann die eine zurück, die andere vor und zum Schluss sollen sie wieder parallel sein.
- Baue auch eine Translation ein, so dass eine Art Gehbewegung entsteht.
- Achtung: Armature beim Rendern unsichtbar!



### Bsp 20: Armature-Animation

Mit Vertexgruppen kann man definieren, welche Bones welche Vertices verformen. Ein Vertex kann Mitglied in mehreren Gruppen sein, was weiche Übergänge erlaubt. Ist ein Vertex nur Mitglied in einer Vertexgruppe, wird er immer entweder vollständig bewegt (Weight>0) oder gar nicht (Weight=0). Das Weight stellt also nicht direkt ein, wie stark ein Vertex von dem entsprechenden Bone bewegt wird.

EINE Methode Vertexgruppen für Armatures zu erzeugen ist das Weight Painting.

1. Erstellen Sie einen Armature Modifier für das Mesh.
2. Wechseln Sie in den Pose-Modus der Armature.
3. Wählen Sie das Meshobjekt aus und wechseln in den Weight Paint-Modus (**Strg-Tab**).
4. Mit **RMT** wählen Sie den Bone aus, für den Sie den Weight malen möchten.
5. Malen Sie den entsprechenden Weight mit der linken Maustaste auf das Mesh (siehe [Weight Paint Mode](#)).

Beispiel:

einen Zylinder ( $r=1$ ,  $h=12$ ) entwerfen, durch Subdivide unterteilen. Dann drei Knochen einziehen und das obige Verfahren anwenden.

Die Vertexgruppen zu den einzelnen Knochen kann man aber auch automatisch erstellen lassen, man erspart sich dann das Anmalen.