

RHINOCEROS

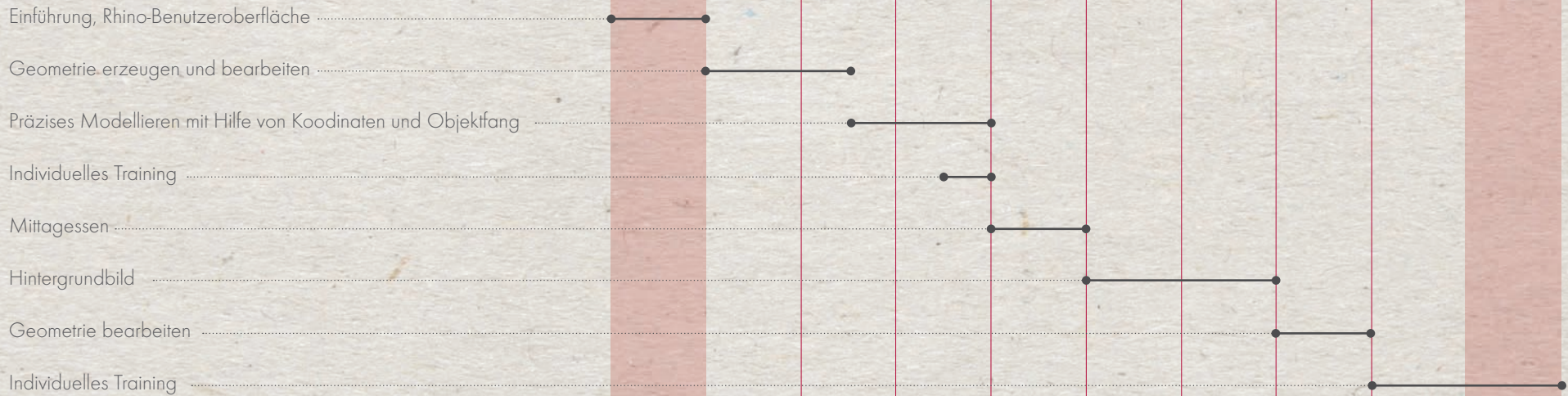
Stand 2017
Trainingshandbuch Grundlagen
Version 5 SR12



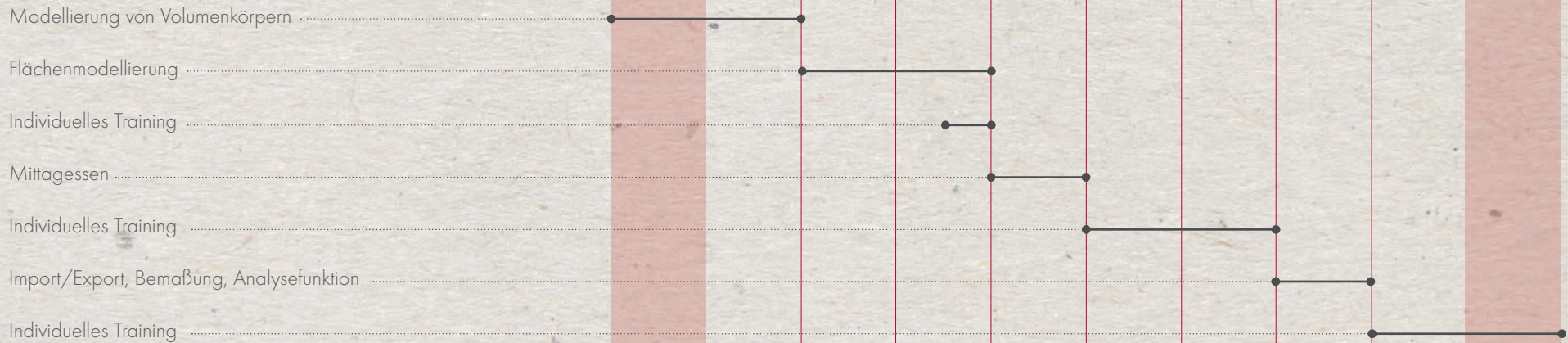
ZEITPLAN

Tag 1

8 Uhr 9 Uhr 10 Uhr 11 Uhr 12 Uhr 13 Uhr 14 Uhr 15 Uhr 16 Uhr 17 Uhr



Tag 2



ÜBERBLICK

Rhinoceros (oder kurz Rhino) ist eine der vielfältigsten 3D-Modellierungs-Softwares überhaupt. Bekannt ist Rhino vor allem für die Modellierung von Freiformflächen. Aber auch darüber hinaus ist Rhino ein wertvolles Werkzeug für Entwurf und Konstruktion.

Im Rhino Grundlagen Training lernst du das Programm mittels kurzen Übungseinheiten und Aufgaben kennen. Du wirst seine Funktionsweise so ganz unbemerkt Stunde um Stunde besser verstehen und dich bald schon in der Bedienstruktur zurecht finden.

Am Ende des Kurses wird Rhino für dich ein bereicherndes Entwurfswerkzeug sein. Es kann dir den Prozess der Formfindung vereinfachen und beschleunigen, es hilft dir dabei deine Ideen zu visualisieren und es bietet dir eine Vielzahl an Schnittstellen zum Rapid Prototyping, anderen 3D und Grafik Programmen.

DIE OBJEKTTYPEN

Wenn man mit Rhino arbeitet, stolpert man häufig über den Begriff „NURBS“. NURBS steht für Non uniform rational B-Splines und sagt uns, dass Rhino mit mathematisch definierten Kurven arbeitet. Alle Flächen und Volumenkörper bauen auf derartigen NURBS auf.

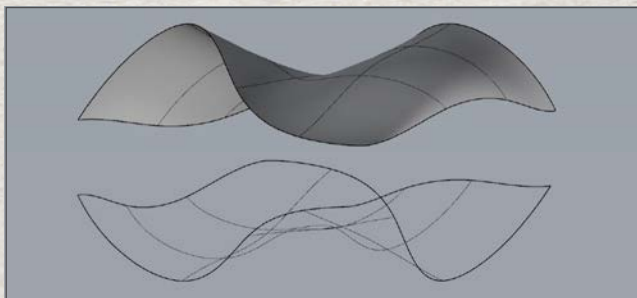
Rhino sei außerdem ein „Flächenmodellierer“. Was bedeutet das?

Flächen in Rhino basieren auf Kurven und Volumenkörper auf Flächen. Um die Funktionsweise von Rhino zu verstehen ist es wichtig zu wissen, dass ein Volumenkörper in Rhino deshalb also immer innen hohl sein wird. Man kann sich einen Volumenkörper in Rhino wie ein Papierfaltmodell vorstellen. Schneidet man ein Loch in eine Fläche, dann sieht man ins Innere. Rhino arbeitet also nicht mit Knetmasse oder massiven Holzklötzen.

Flächen

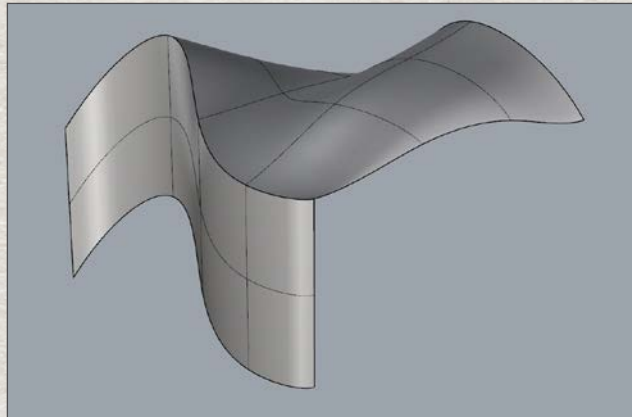
Im Unterschied zu Papier unsere Flächen in Rhino aber unendlich dünn und flexibel.

Eine Fläche kann (abhängig vom Anzeigemodus) als Fläche oder als Gitternetz dargestellt werden. Die Anzeige beeinflusst den Aufbau der Fläche nicht. Diese besteht immer aus Randkurven und einigen internen Kurven (Isokurven).



Flächenverbände

Flächenverbände bestehen aus mehreren verbundenen Flächen, deren Kanten „sehr nahe“ aneinander liegen. Null auf Null gibt es auch in Rhino nicht. Aber wie nahe, lässt sich über die Toleranzeinstellung regeln und ist eine Frage der Rechenleistung.

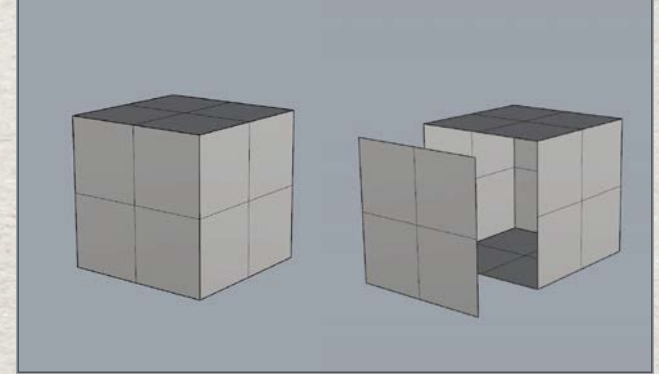


Volumenkörper

Komplett geschlossene Flächen nennt man Volumenkörper. Kugeln und Ellipsoide sind Beispiele für Volumenkörper.

Aber auch durch das Verbinden von Flächen kann ein Volumenkörper entstehen. Wichtig hierbei ist, dass keine Öffnung mehr in den Flächen vorhanden ist! Ein Würfel ist beispielsweise ein Volumenkörper.

Nicht vergessen: es handelt sich weiterhin um Flächen, die lediglich ein Volumen darstellen. Wenn man eine Seite des Würfels entfernt, sieht man in die Innenseite des Modells - es ist hohl.



Kurven

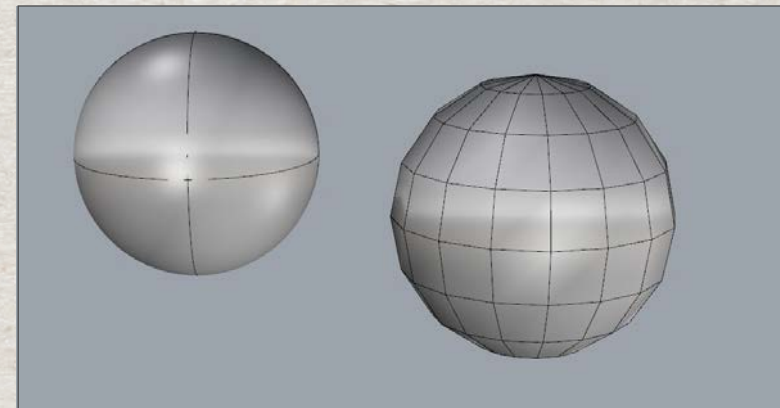
Als Kurven werden in Rhino neben Bögen, Kreise und Freiformkurven auch Linien und Polylinien (mehrere verbundene Linien) bezeichnet. Sie können wie eine 2D-Zeichnung für sich funktionieren oder z.B. über eine Extrusion zu einer Fläche oder einem Volumenkörper werden.

Polygonnetze

Im Unterschied zu Flächen berechnen sich sog. Polygonnetze nicht aus Kurven sondern aus Punkten.

Bei einer herkömmlichen Rhino-Fläche wird jede Stelle individuell berechnet. Dadurch entsteht ein weicher Flächenverlauf. Einem Polygonnetz liegen Punkte zugrunde, die mit geraden Linien verbunden werden und sich dann zu ebenen Seiten schließen.

Je dichter das Netz, desto präziser die Berechnung und Darstellung.



DIE BENUTZEROBERFLÄCHE



Einheiten und Toleranzen

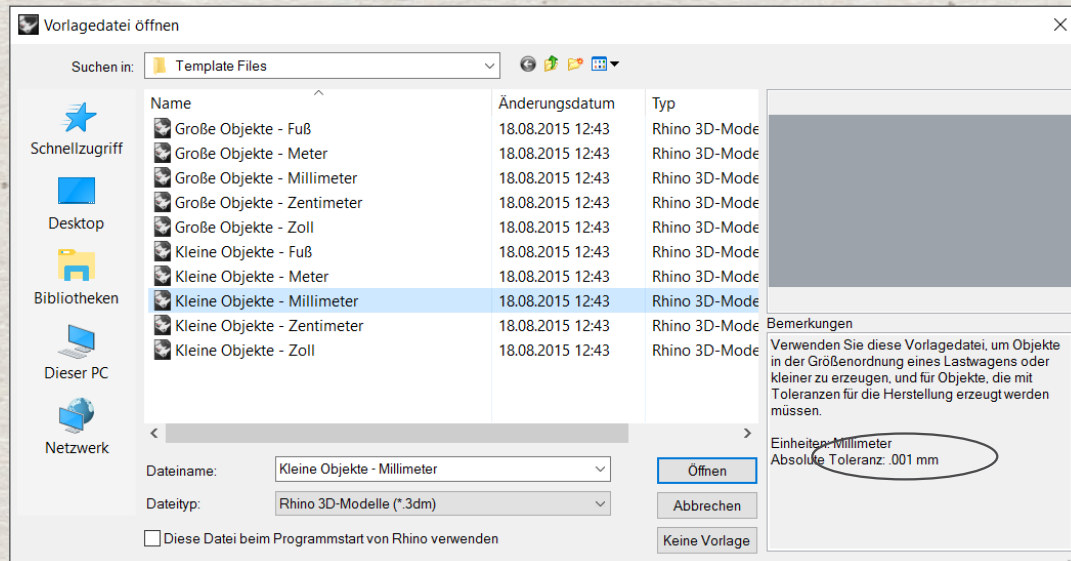
- Starte Rhino

Startest du mit einer neuen Datei, musst du entscheiden, in welchen Einheiten und auch Toleranzen diese arbeitet.

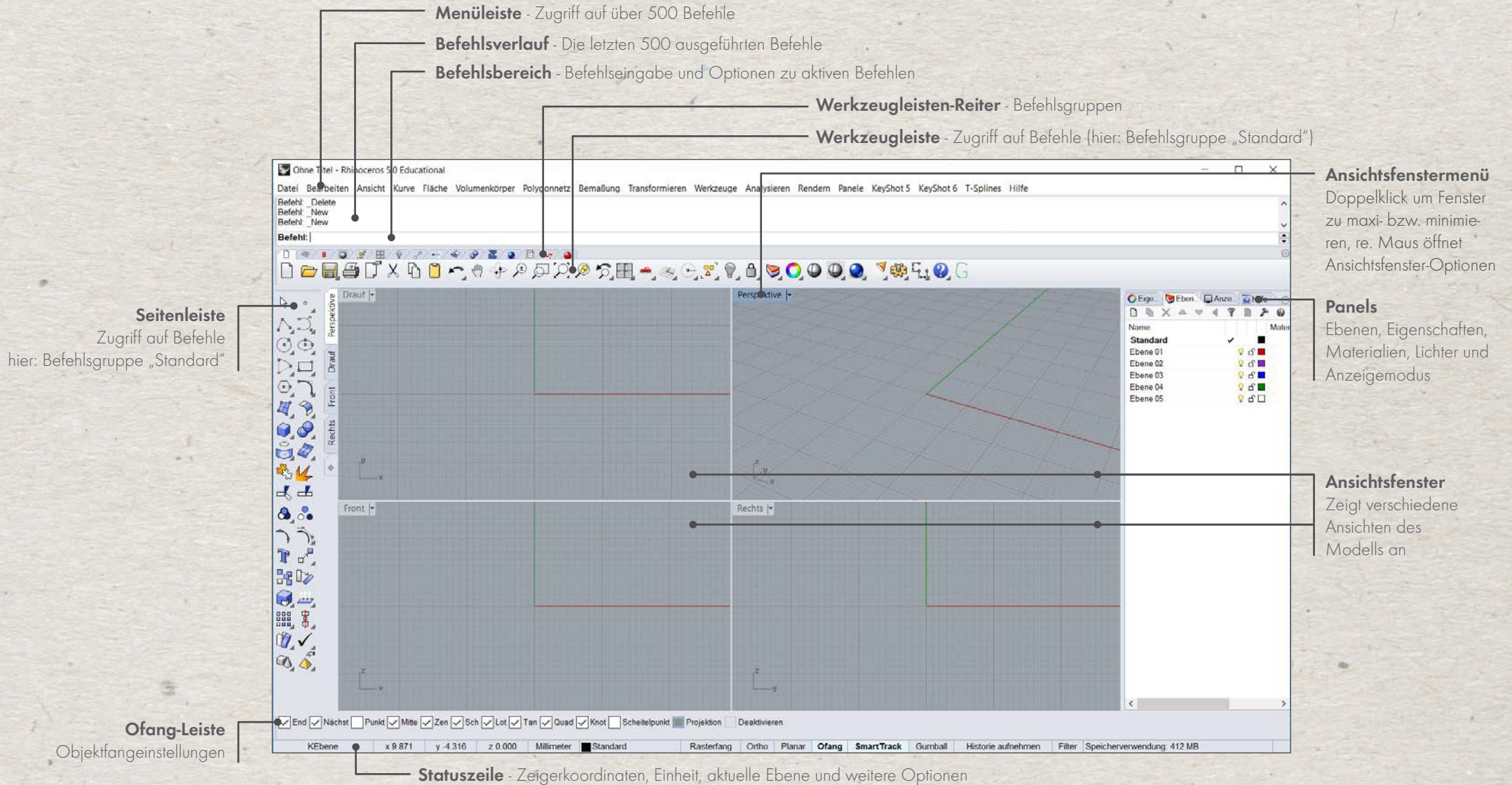
Ich empfehle dir als Standard „kleine Objekte in Millimeter“ auszuwählen. Millimeter ist eine gängige Einheit beim Datenaustausch in Deutschland und durch die Auswahl „kleine Objekte“ liegt deine Toleranz bei 0,001 mm.

Dieser Wert definiert den bereits erwähnten Abstand zwischen zwei verbundenen Flächen. Je kleiner der Toleranzwert, desto genauer ist die Berechnung deines Modells. Allerdings wirkt sich jede Null nach dem Komma auch auf die Rechenleistung aus.

Die Toleranz kann über den Befehl Optionen > Einheiten nachträglich noch angepasst werden. Bereits erstellte Objekte behalten allerdings den ursprünglich eingestellten Toleranzwert bei.



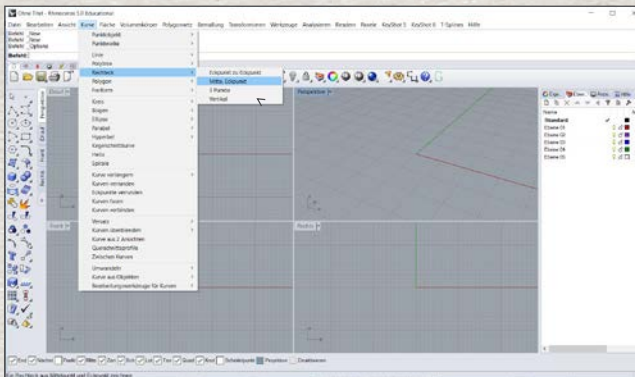
DIE BENUTZEROBERFLÄCHE



DAS BEFEHLEN

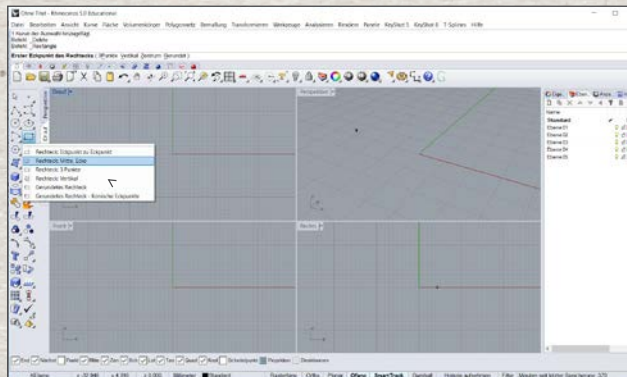
Befehlen über die Menüleiste

Im Menü sind alle Befehle hinterlegt.



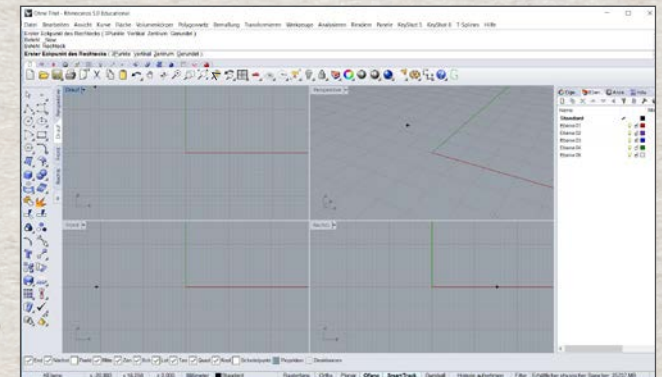
Befehlen über die Werkzeugleiste

Der gängige Weg ist der über die Werkzeugleiste.



Befehlen über die Befehlszeile

Wenn man den Befehl kennt, erspart man sich das Suchen.



Rechteck durch Mittel- und Eckpunkt - Weg 1

- Doppelklick in linke obere Ecke im **Ansichtsfenster Drauf** um dieses zu vergrößern
- Gehe zur **Menüleiste**
- Linksklick auf **Kurve > Rechteck > Mitte, Eckpunkt** (Betrachte die Optionen in der Befehlszeile)
- Linksklick in Ansichtsfenster für **Mittelpunkt**
- Linksklick in Ansichtsfenster für **Eckpunkt**

Rechteck durch Mittel- und Eckpunkt - Weg 2

- Gehe in der Seitenleiste der **Standard-Werkzeugleiste** zu **Rechteck** und öffne das **Untermenü**
- Linksklick im **Untermenü** auf **Rechteck: Mitte, Ecke**
- Schreibe für den **Mittelpunkt** in die Befehlszeile: **0**
- Rechtsklick oder Enter als **Bestätigung**
- Schreibe für die **Länge** in die Befehlszeile: **50**
- Rechtsklick oder Enter für **Bestätigung**
- Rechtsklick für Eingabe von **gleicher Höhe**

Rechteck durch Mittel- und Eckpunkt - Weg 3

- Schreibe in die **Befehlszeile: Rechteck**
- Linksklick in die **Befehlszeile** auf **Zentrum**
- Linksklick in Ansichtsfenster für **Mittelpunkt**
- Halte **Umschalt** gedrückt und setze Linksklick im Ansichtsfenster für **gleiche Breite und Höhe**

Ein Rechtsklick wiederholt den letzten Befehl oder letzten Wert. ESC bricht einen aktiven Befehl ab.



DAS NAVIGIEREN

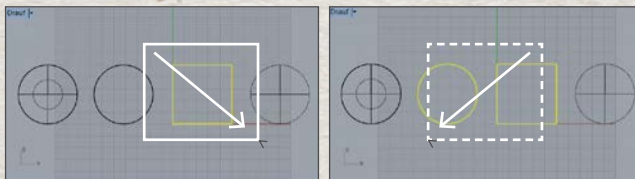


Objekte auswählen

- Öffne die Datei „Das Navigieren.3dm“
- Linksklick auf ein Objekt, um dieses auszuwählen
- Ziehe ein **Auswahlfenster von links nach rechts** über einige Objekt indem du links gedrückt hältst
- Ziehe nun ein **Fenster von rechts nach links** über einige Objekt. Erkennst du den Unterschied?

Auswahlfenster

Wie du feststellen konntest, unterscheiden sich die Auswahlfenster, je nachdem in welche Richtung du sie ziehst. Das durchgezogene Auswahlfenster (von links nach rechts) wählt alle Objekte aus, die komplett innerhalb des Fensters liegen. Das gestrichelte Fenster wählt alle Objekte aus, die das Fenster berühren.



Objekte zu Auswahl hinzufügen: **Shift + Linksklick** auf Objekt.
 Objekt von Auswahl entfernen: **Strg + Linksklick** auf Objekt.

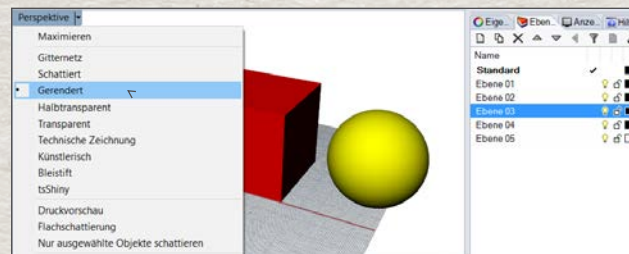


Zoomen und Schwenken

Mit dem Mausrad kannst du in den Ansichten zoomen. Wenn du die rechte Maus gedrückt hältst, dann kannst du in den parallelen Ansichten die Ansicht verschieben und in der Perspektive die Ansicht schwenken. Halte in der Perspektive gleichzeitig die Umschalttaste gedrückt, um auch hier die Ansicht zu verschieben.

Anzeigemodi

In Rhino sind verschiedene Anzeigemodi hinterlegt. Standardmässig ist „Gitternetz“ eingestellt. Häufig hilft es, die Flächen „Schattiert“ zu betrachten, um den Durchblick zu behalten. Diese Modi lassen sich über die Optionen individualisieren.



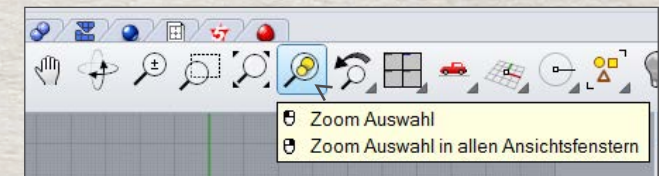
Anzeigemodus wechseln

- Rechtsklick in linke obere Ecke des Ansichtsfenster Perspektive (Dropdown-Menü öffnet sich)
- Linksklick auf **Gerendert**
- Wiederhole diesen Schritt mit anderen Modi

Aktivierte Befehle werden nicht unterbrochen während du navigierst.

Tooltips

Unter den Befehlssymbolen der Werkzeugleiste liegen einerseits ausklappbare Fenster mit Unterbefehlen und außerdem die Tooltips, die sichtbar werden, wenn du den Mauszeiger auf einem Befehl liegen lässt ohne ihn anzuklicken.



Tooltip zum Befehl „Zoom Auswahl“

Zoom bildfüllend, Auswahl und Fenster

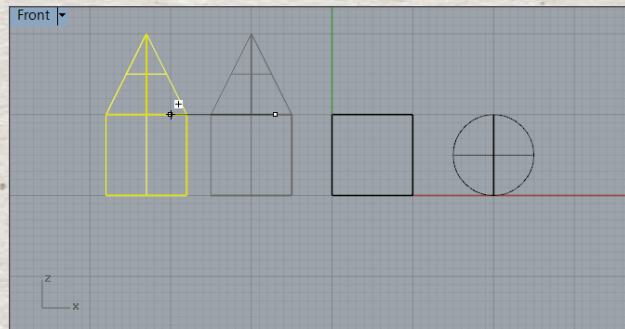
- Linksklick auf **Zoom bildfüllend**
- Rechtsklick auf **Zoom bildfüllend** (Vergleiche)
- Trainiere die Befehle **Zoom Auswahl** und **Zoom Fenster** auf die gleiche Weise

BEWEGEN UND KOPIEREN

Rasterfang

Ganz unten, in der Statuszeile gibt es neben Informationen auch noch Schaltflächen. Die sogenannten Modellierhilfen. Sie helfen dir bei der Konstruktion in Form von Bezugslinien oder -punkten, die richtige Stelle oder auch Ebenen zu treffen.

Zunächst arbeiten wir mit dem Rasterfang, der über die Optionen individuell anpassbar ist und aktuell 1 mm beträgt. Wenn du nun also Objekte verschiebst, dann immer im Raster von 1 mm.



Objekte bewegen

- Aktiviere in der **Statuszeile** den **Rasterfang**
- Wechsle in die Draufsicht, wähle den **Kegel** aus und verschiebe ihn bis er **deckungsgleich mit dem Zylinder** ist
- Wechsle in die Frontansicht, wähle den **Kegel** aus und verschiebe ihn bis er **auf dem Zylinder** sitzt
- Wähle **Kegel und Zylinder** aus, halte die linke Maustaste gedrückt, **tippe kurz auf die Alt-Taste**, bis ein Plus neben dem Mauszeiger erscheint und positioniere den Turm

Halte beim Bewegen und Kopieren die Umschalttaste gedrückt, um orthogonal zu verfahren.



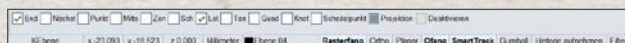
Gezieltes Bewegen und Kopieren

Der Rasterfang eignet sich beispielsweise für grobe Konstruktionen oder für die Formfindung. Will man exakt konstruieren, dann bietet es sich an über die Befehle „Bewegen“ und „Kopieren“ zu agieren.

SmartTrack und OFang

SmartTrack erzeugt Bezugslinien und -punkte, die nur während eines aktiven Befehls mittels Mouseover sichtbar sind und dann wieder erlöschen.

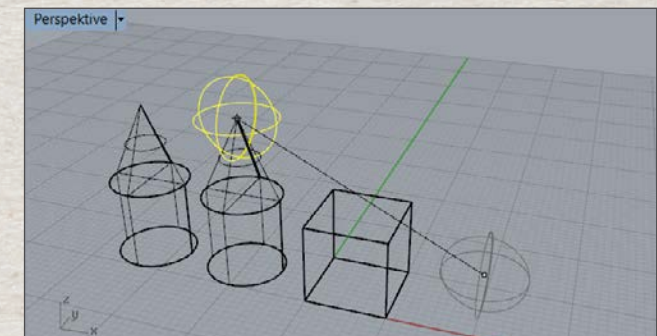
OFang erzeugt ebenfalls temporäre Bezüge. Diese beschränken sich allerdings auf Punkte und du kannst selber bestimmen welche „Objekte“ du „fangen“ möchtest.



Gezieltes Bewegen

- Deaktiviere zunächst in der **Statuszeile** alle Modellierhilfen
- Linksklick auf **Bewegen**
- **Kugel** auswählen
- Auswahl mit Rechtsklick **Bestätigen**
- Versuche den **Mittelpunkt der Kugel** exakt auf der **Spitze des Turms** zu platzieren
- Wiederhole diese Übung, aktiviere nun **OFang** und setze einen Haken bei **Zen** und **End**


Achte darauf, dass das Feld **Projektion** ebenfalls deaktiviert ist



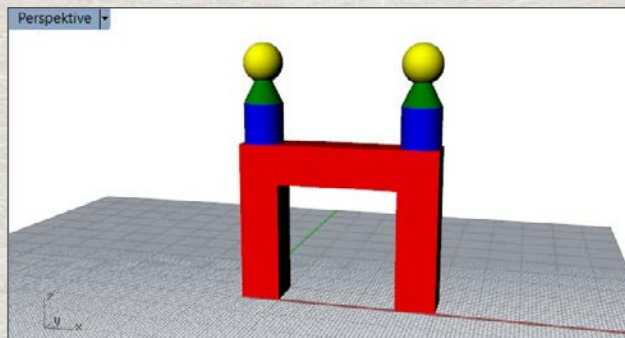
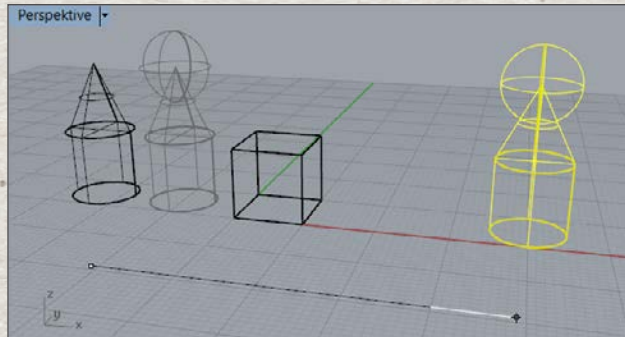
BEWEGEN UND KOPIEREN



Gezieltes Kopieren

- Linksklick auf **Kopieren** 
- **Turm** auswählen
- Auswahl mit Rechtsklick **Bestätigen**
- Wähle einen **Startpunkt** neben dem Objekt
- Trage **50 in die Befehlszeile** ein
- Bestätige die Eingabe mit Enter/Rechtsklick
- Halte die Umschalttaste gedrückt und platziere den kopierten Turm entlang der X-Achse

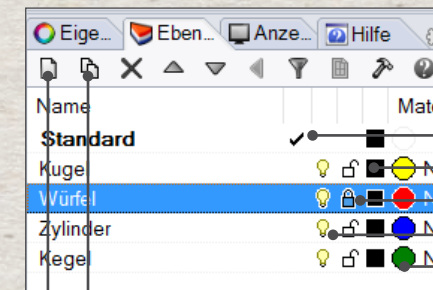
- Wenn das klappt, dann versuche dich an einer eigenen Konstruktion wie rechts abgebildet



Ebenen

Wenn dir die Kugeln nicht gefallen, dann deaktiviere die Ebene „Kugel“.

Ähnlich wie in anderen Programmen, kann man in Rhino mit Ebenen und Unterebenen arbeiten. Diese kann man umbenennen, einfärben, sperren, usw.



































neue Unterebene erstellen
neue Ebene erstellen

Ein Rechtsklick auf eine Ebene öffnet ein Fenster mit nützlichen Ebenenoptionen, wie beispielsweise die Möglichkeit, alle Objekte auf der Ebene auszuwählen.



GEOMETRIE ERZEUGEN

Teil 1 meiner Befehlsfavoriten

-  **Speichern**
-  **Optionen:** öffnet ein Menü mit Einstellungen, die dokument- und softwarebezogen angepasst werden können
-  **Rückgängig:** wiederruft den letzten Befehl
 -  **Mehrfach rückgängig:** wiederruft eine Reihe von Befehlen
 -  **Auswahl rückgängig:** wiederruft den letzten Befehl nur für das ausgewählte Objekt
-  **Zoom Fenster:** das aufgezugene Fenster definiert die Ansicht
-  **Zoom bildfüllend:** zoom auf alle Objekte im Bauraum
-  **Zoom Auswahl:** zoom auf alle ausgewählten Objekte
-  **4 Ansichtsfenster:** stellt die Standardansicht wieder her
 -  **Bildrahmen:** ermöglicht das Importieren und Platzieren eines JPG auf einer Fläche
-  **Alles auswählen:** wählt alle auswählbaren Objekte aus
-  **Auswahl invertieren:** wählt alles aus, was nicht ausgewählt war und wählt ab, was ausgewählt war
-  **Zuletzt erzeugte Objekte auswählen**
-  **Vorherige Auswahl auswählen**
-  **Duplizierte Objekte auswählen:** wählt bau- und deckungsgleiche Duplikate aus
-  **Objekte ausblenden:** blendet ausgewählte Objekte aus
 -  **Objekte anzeigen:** blendet alle ausgeblendeten Objekte wieder ein
 -  **Ausgewählte Objekte anzeigen:** blendet eine Auswahl an ausgeblendeten Objekten wieder ein
-  **Objekte sperren:** sperrt ausgewählte Objekte
 -  **Objekte entsperren:** entsperrt alle Objekte
 -  **Ausgewählte Objekte entsperren:** entsperrt eine Auswahl an gesperrten Objekten
-  **Verschieben:** verschiebt ausgewählte Objekte von einem Ort zu einem anderen
 -  **Spiegeln:** spiegelt Objekte über eine Spiegelachse
 -  **Kopieren:** kopiert ausgewählte Objekte an neue Positionen
 -  **2D-Rotation:** dreht Objekte um eine Achse
 -  **3D-Skalieren:** skaliert Objekte proportional
 -  **2D-Skalieren:** skaliert Objekte in zwei Richtungen proportional, die dritte Richtung bleibt unverändert
 -  **1D-Skalieren:** skaliert Objekte in eine Richtung
 -  **Rechteckige Anordnung:** Erzeugt eine Reihe von Kopien in verschiedene Richtungen
 -  **Polare Anordnung:** Erzeugt eine Reihe von Kopien um ein Zentrum
 -  **Entlang Kurve anordnen:** Erzeugt eine Reihe von Kopien entlang einer Leitkurve
 -  **Linear Anordnung:** Erzeugt eine Reihe von Kopien



GEOMETRIE ERZEUGEN

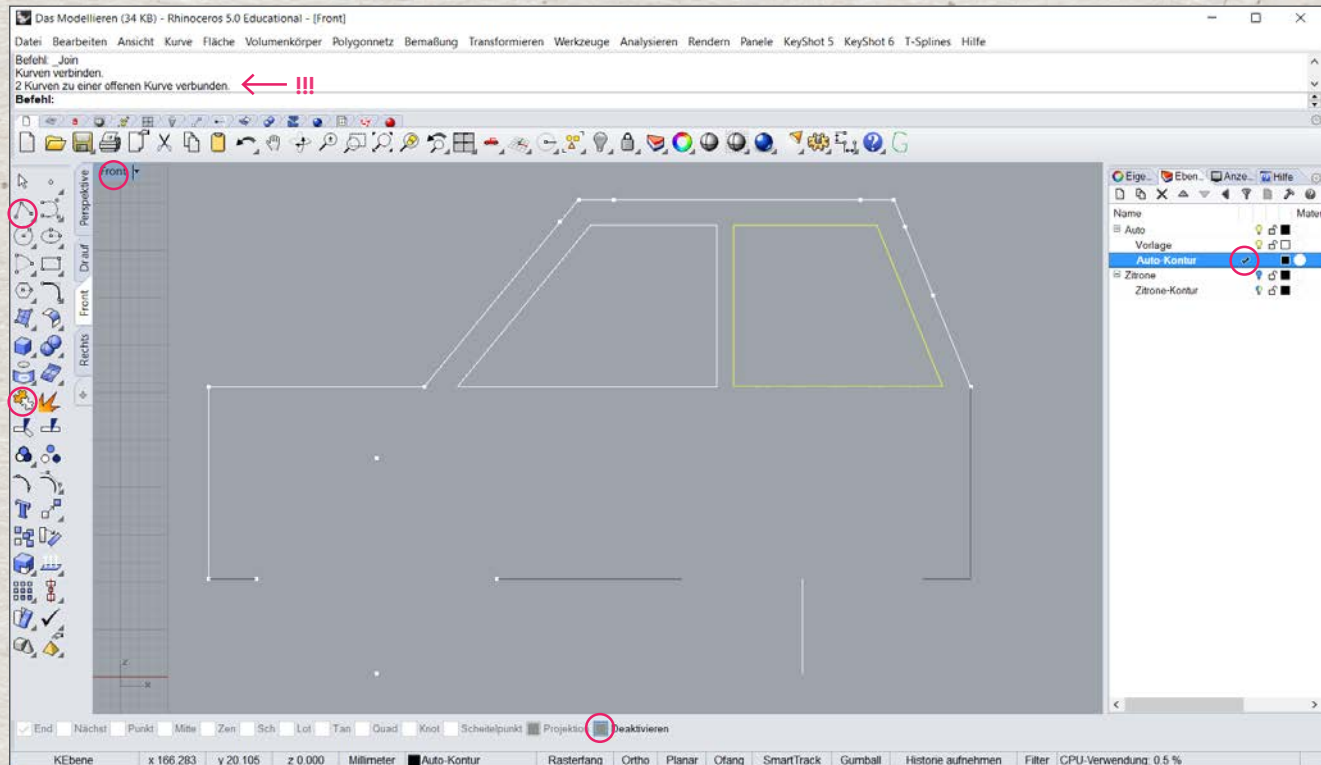


Kurven zeichnen

- Öffne die Datei „Das Modellieren.3dm“
- Vergrößere die **Front** Ansicht
- Aktiviere die **Ebene „Auto Kontur“**
- **Deaktiviere die Modellierhilfe**
- Linksklick auf **Polylinie**
- **Zeichne** die gestrichelte Linie des hinteren Fensters nach
- **Beende den Befehl** mit einem Rechtsklick
- Linksklick auf **Verbinden**
- Wähle alle Linien des hinteren Fensters aus
- **Bestätige** die Auswahl mit einem Rechtsklick
- Überprüfe, ob die Linien verbunden sind, indem du eine Fensterkante anklickst. Die gelb markierten Objekte sind verbunden.

Wenn du Glück hast, dann besteht das Fenster deines Autos nun aus einer geschlossenen Kurve. Wahrscheinlich tut es das aber nicht. Die Linien liegen zwar nahe beieinander, aber für deinen eingestellten Toleranzbereich nicht nahe genug.

Achte auch darauf, was dir deine Befehlszeile berichtet. Evtl. ist deine Kurve nur teilweise miteinander verbunden. Dann ist sie zwar auch gelb markiert (weil verbunden), aber deine Kurve ist nicht geschlossen sondern an einer Stelle offen. Eine Extrusion dieser Kurve würde eine offene Kante zur Folge haben und offene Kanten können in der Weiterbearbeitung Fehler verursachen.



- **Mache alle Aktionen Rückgängig**
- **Aktiviere die Modellierhilfe OFang** und setze einen Haken bei **End**
- **Wiederhole die Polylinie** **und das Verbinden**

Verbundene Kurven (Polykurven) lassen sich über den Befehl „Zerlegen“, jederzeit wieder zu einzelnen Kurven zerlegen.



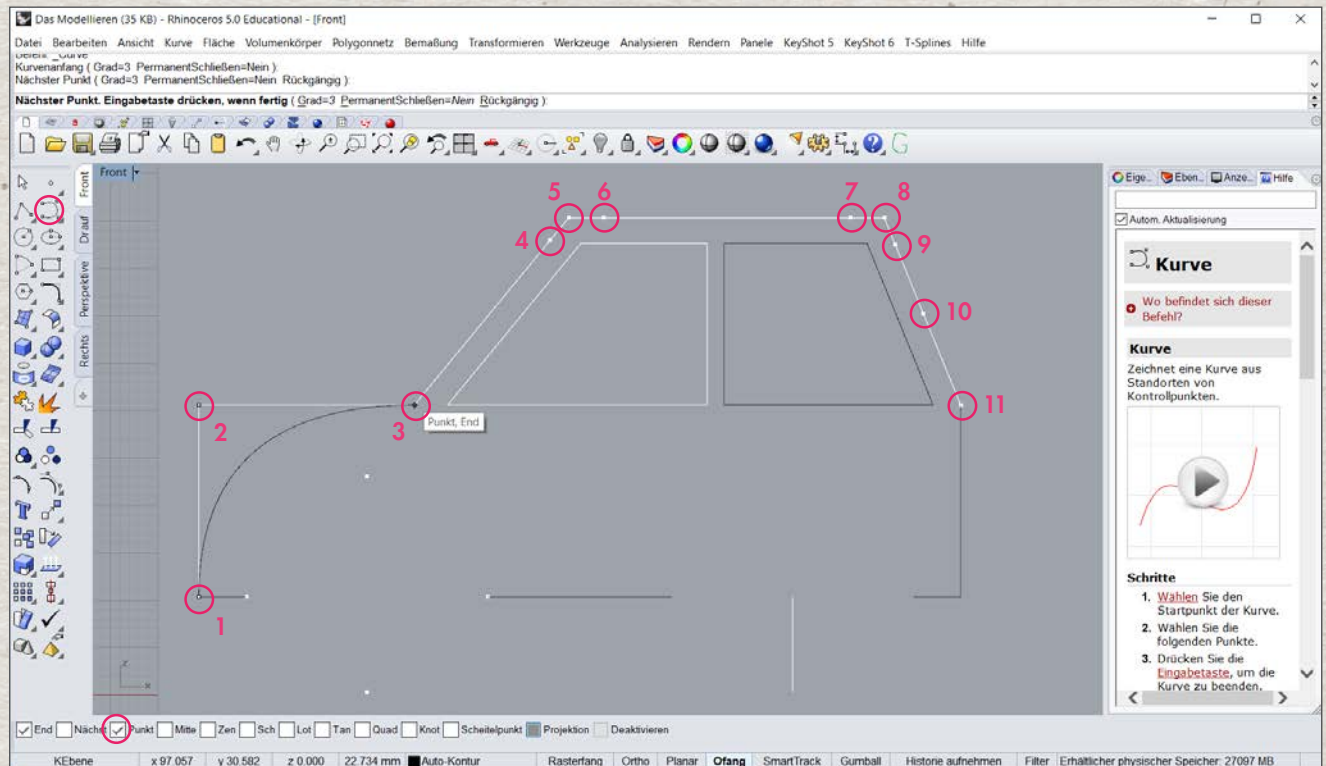
GEOMETRIE ERZEUGEN



Kontrollpunktkurven zeichnen

- Setze in den Modellierhilfe einen Haken bei **Punkt**
- Linksklick auf **Kontrollpunktkurve**
- Verbinde Punkt 1 - 3 mit einer Kurve
- **Beende den Befehl** mit einem Rechtsklick
- **Wiederhole den Befehl** mit einem Rechtsklick
- Verbinde Punkt 3 - 11 mit einer Kurve
- **Beende den Befehl** mit einem Rechtsklick

Bei einer Kontrollpunktkurve ist die Kurve an Kontrollpunkten aufgehängt. Sie berührt dabei meist nur den Anfangs- und Endpunkt. Setzt man zwei Kontrollpunkte auf einer Geraden, verläuft die Kurve tangential durch den Startpunkt. Setzt man mehr als drei Kontrollpunkte auf einer Geraden in Reihe, erhält man teilweise eine Gerade. Hier zwischen Punkt 10 und 11.



In der Regel arbeitet man in Rhino nicht wie bei „Malen nach Zahlen“. Derartige Fangpunkte entstehen allerdings durchaus durch Konstruktionslinien, Berechnungen oder anderen Vorgaben. Auch sind es in den seltensten Fällen wirkliche Punkte. Das Ende einer Linie, der Zentrum und die Tangente eines Kreises oder auch der Schnittpunkt zweier Kurven, kann einen Fangpunkt darstellen.

Rechts im Panel gibt es einen Reiter „Hilfe“. Dieser beinhaltet eine interaktive Befehlskontexthilfe, welche sehr hilfreich sein kann, wenn man einen Befehl noch nicht kennt.

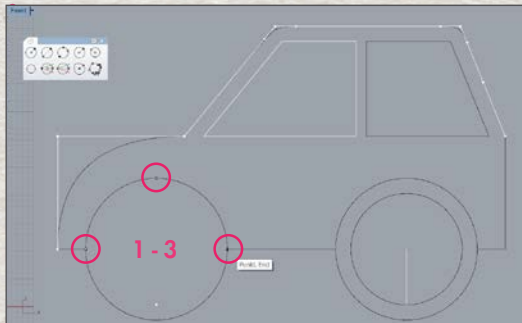


GEOMETRIE ERZEUGEN

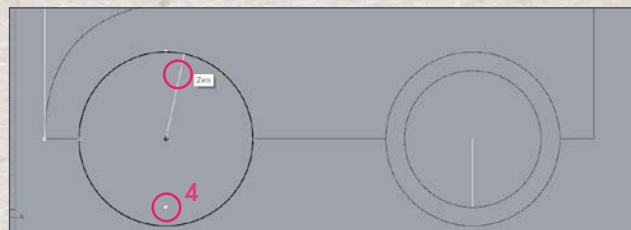
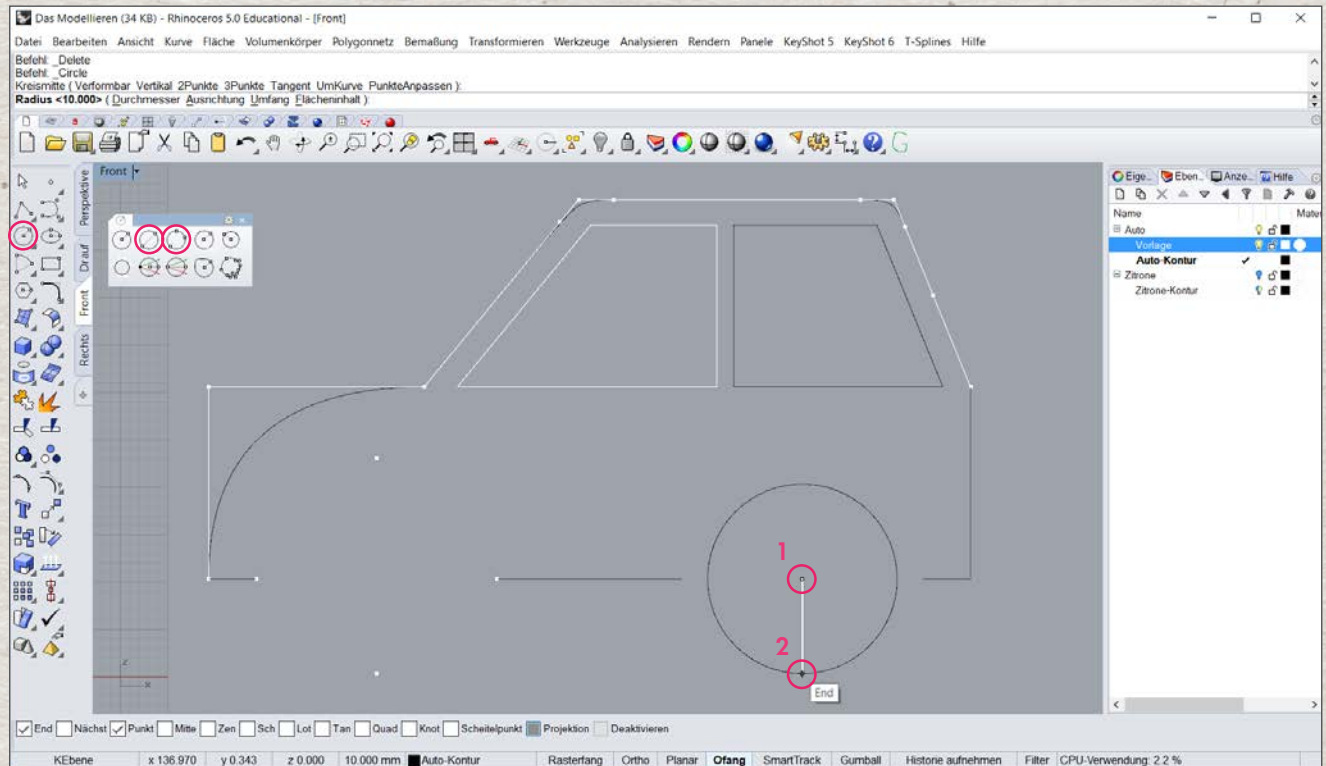


Kreise zeichnen

- Gehe zu **Kreis** und maximiere das **Untermenü**
- Linksklick auf **Kreis: Mitte, Radius**
- Folge der Befehlsaufforderung indem du zuerst den **Mittelpunkt** und dann einen Punkt auf dem Kreis für den **Radius** auswählst (Punkt 1 + 2)
- Verwende für den hinteren Kotflügel den Befehl **Kreis: Durchmesser**
- und für den vorderen Kotflügel den Befehl **Kreis: 3 Punkte** (Punkte 3 - 5)



- Setze in der **Modellierhilfe** einen Haken bei **Zen**
- Linksklick auf **Kreis: Mitte, Radius**
- Fahre mit dem Mauszeiger über den Kotflügel und fange den **Mittelpunkt**
- Wähle Punkt 4 für den **Radius**




Ebene ändern


- Verschiebe das vordere Auto-Fenster auf die Ebene „Auto-Kontur“: Fenster auswählen > Rechtsklick auf „Auto-Kontur“ > Linksklick auf „Objektebene ändern“


GEOMETRIE ERZEUGEN

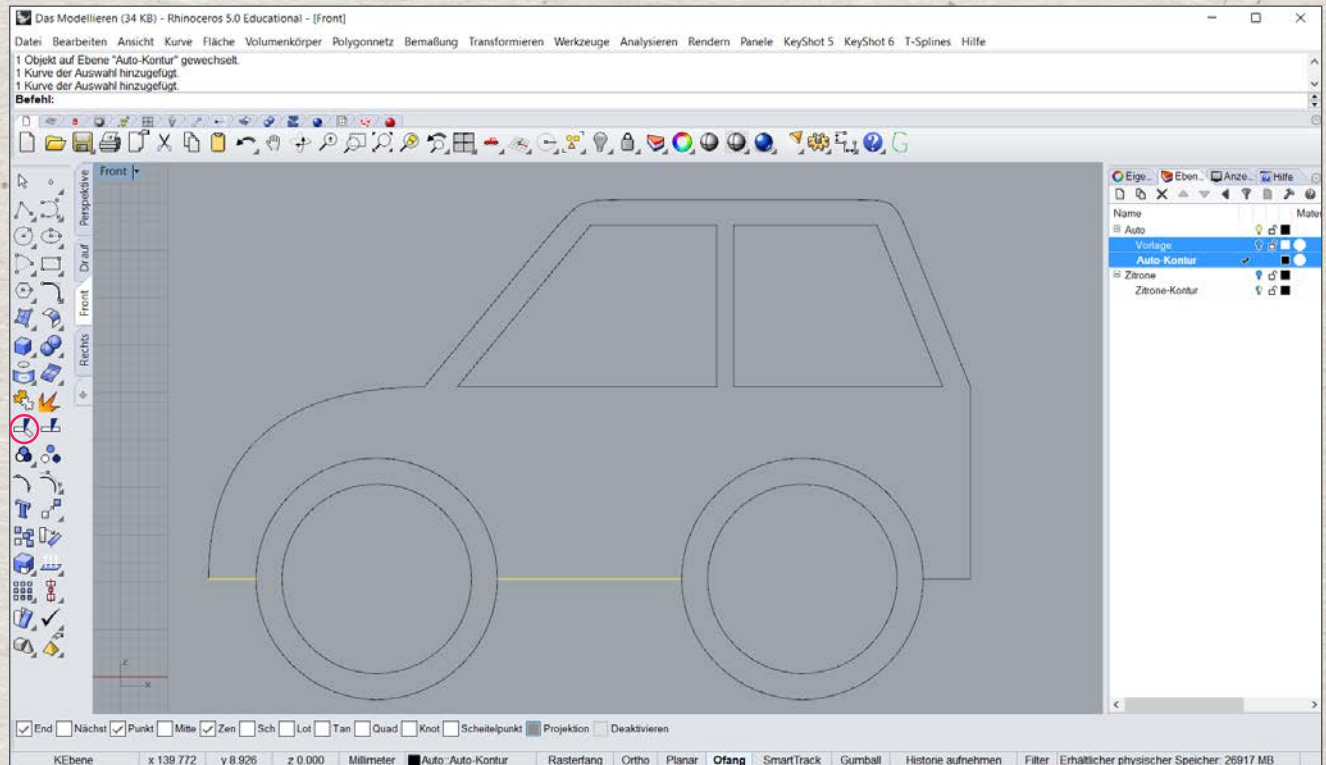


Trimmen und Teilen

- Linksklick auf **Trimmen** 
- Folge der Befehlsaufforderung indem du zuerst die **Trimmobjekte** (die Schere, hier der Fahrzeugboden) auswählst.
- **Bestätige** die Auswahl mit einem Rechtsklick
- Klicke nun auf die Linie, die du wegschneiden möchtest (hier der unnötige Teil des vorderen Kotflügels)
- **Beende den Befehl** mit einem Rechtsklick

- Linksklick auf **Teilen** 
- Folge der Befehlsaufforderung indem du zuerst das **zu teilende Objekt** (hier der hintere Kotflügel) auswählst
- **Bestätige** die Auswahl mit einem Rechtsklick
- Wähle nun die **Trimmobjekte** (die Schere, hier der Fahrzeugboden)
- **Bestätige den Befehl** mit einem Rechtsklick und lösche den unteren Teil des hinteren Kotflügels.

- **Verbinde**  alle Linien miteinander



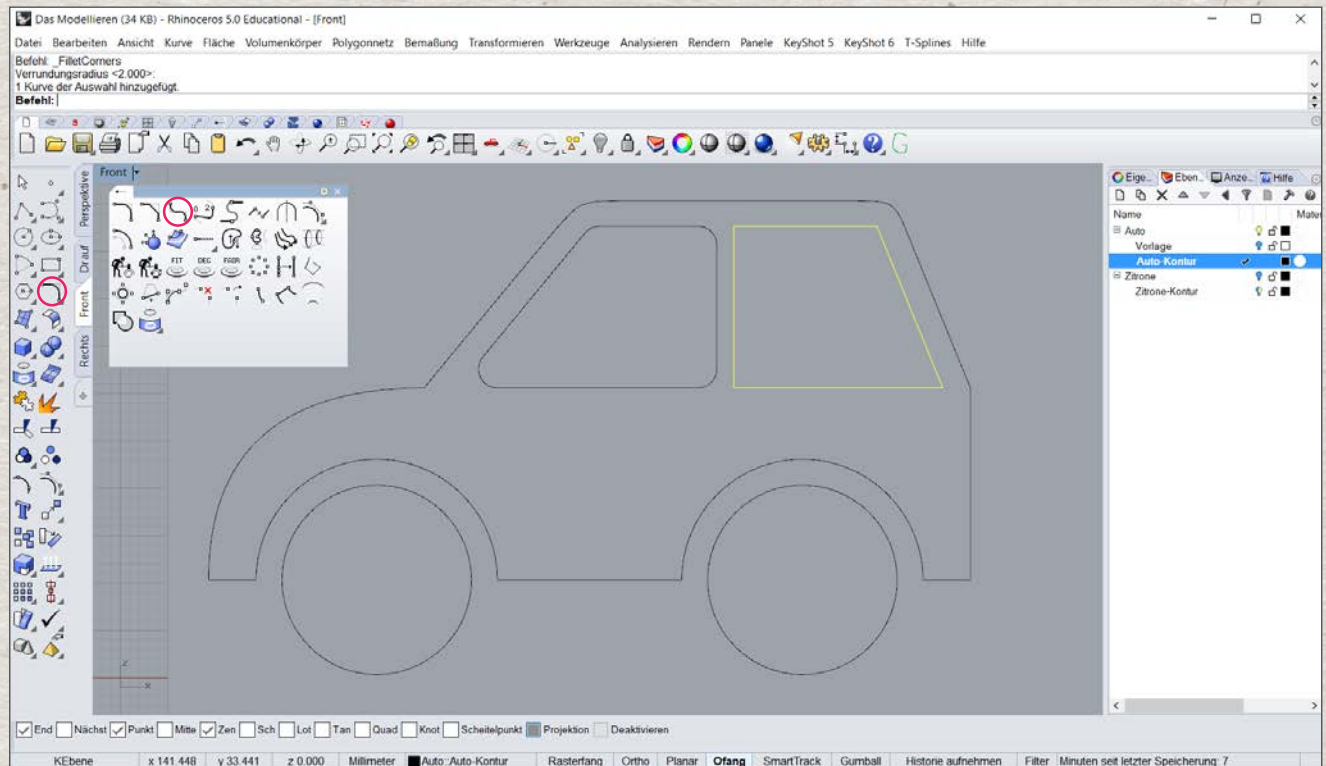
Es gibt zwei Befehle um Linien und Objekte zu schneiden. Trimmen löscht direkt die weggeschnittenen Elemente, Teilen erhält alle Elemente und trennt diese lediglich an der Schnittkante.

GEOMETRIE ERZEUGEN



Verrunden

- Gehe zu **Kurven verrunden** und maximiere das **Untermenü**
- Linksklick auf **Kurven verrunden**
- Ändere den **Verrundungsradius** auf 2 mm: Linksklick im Befehlsbereich auf Radius klickst > gib 2 ein > bestätige mit Rechtsklick.
- Wähle im Befehlsbereich **Verbinden = Ja**
- Folge der Befehlsaufforderung indem du nacheinander zwei angrenzende Kanten des vorderen Autofensters auswählst
- **Wiederhole** den-Befehl für alle Ecken dieses Fensters mit individuellen Radien
- Linksklick auf **Eckpunkte verrunden**
- Klicke auf die zu verrundene **Polylinie** (verbundene Kurven, hier hinteres Autofenster)
- **Bestätige** die Auswahl mit einem Rechtsklick
- Gib im Befehlsbereich als **Verrundungsradius** **2** ein
- **Bestätige** mit einem Rechtsklick



Dem Verrunden-Befehl verwandt ist der Befehl „Kurve fassen“. Diesen und andere interessante Kurvenbefehle findest du auch im Untermenü „Kurven verrunden“.




Im Befehlsbereich lassen sich aktive Befehle während der Ausführung modifizieren. Diese Einstellungen bleiben erhalten bis du sie wieder änderst. Achte beim Training auf die Befehlsaufforderung und deren Optionen.



GEOMETRIE ERZEUGEN



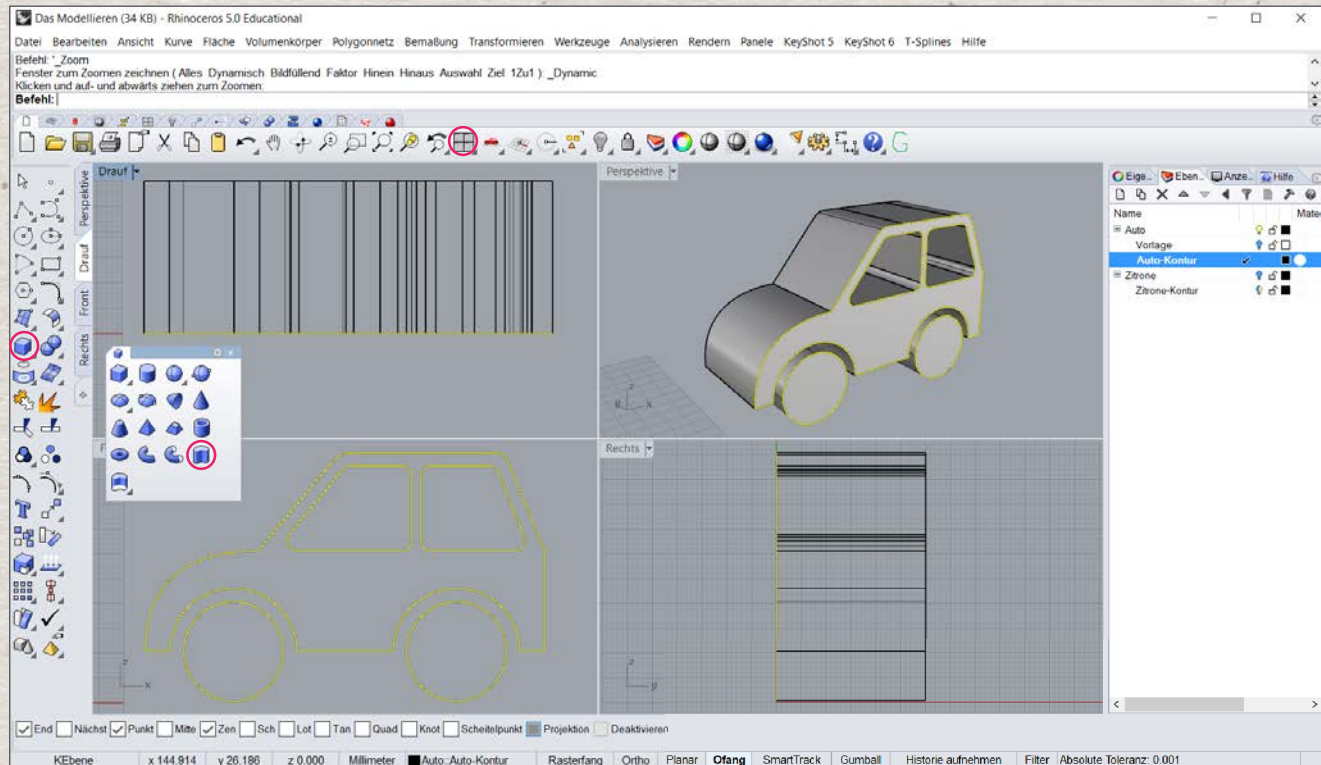
Extrudieren

- Wähle alle Kurven aus und verbinde  sie
- Wechsle die Ansicht indem du den Befehl **4 Ansichtsfenster**  ausführst
- Gehe zu **Quader** und maximiere das **Untermenü**
- Linksklick im Untermenü auf **geschlossene planare Kurve extrudieren** 
- Wähle alle Kurven auf der Ebene „Auto-Kontur“ aus: Rechtsklick „Auto-Kontur“ > **Objekte auswählen**
- **Bestätige** mit einem Rechtsklick
- Für den **Extrusionsabstand** gib 30 ein
- **Bestätige** mit einem Rechtsklick







Wenn du in den Befehlsoptionen „Volumenkörper=Ja“ ausgewählt hattest und deine Kurven geschlossen waren, dann wurden Volumenkörper (Solids) erzeugt. Auch daran zu erkennen, dass Deckflächen auf den Extrusionsenden liegen und alle Seiten geschlossen sind.

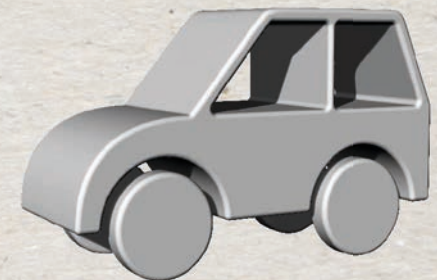
Waren deine Kurven nicht geschlossen oder nicht zu Polykurven verbunden, dann hast du durch die Extrusion Flächen erzeugt. Flächen können nicht mit Deckflächen geschlossen werden.

Die erzeugten Volumenkörper kannst du nun eigenständig weiter bearbeiten.



Freies Training

- **1D-Skaliere** die Räder auf 5 mm Dicke  > 
- **Spiegle** die Räder über die Mittelachse  > 
- **Verrunde** die Körperkanten  > 

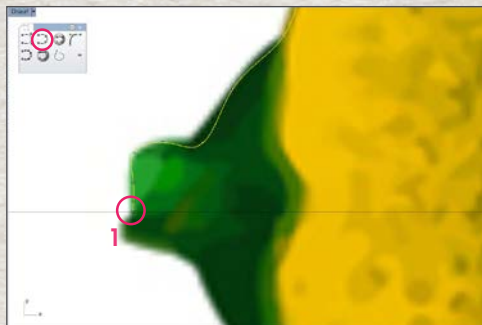


GEOMETRIE ERZEUGEN

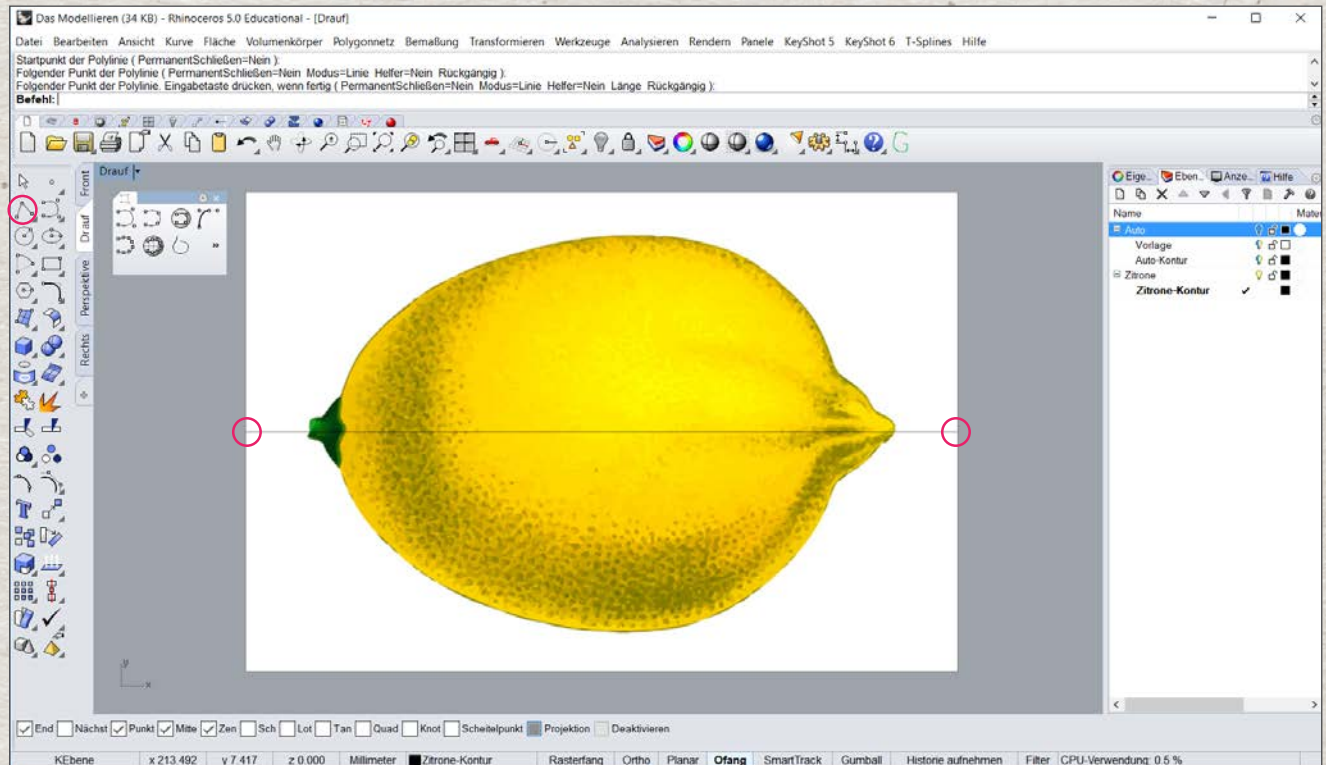


Freiformkurven zeichnen

- **Aktiviere die Ebene „Zitrone-Kontur“** und blende die Ebene „Auto“ aus
- Vergrößere die **Drauf** Ansicht
- Linksklick auf **Polylinie**
- **Zeichne** eine Mittelachse durch die Zitrone
- Setze in der **Modellierhilfe** einen Haken bei **Nächst**
- Linksklick auf **Kurve: Punkte interpolieren**
- Zeichne die Kontur der Zitrone nach. Starte bei Punkt 1 und setze den 2. und 3. Punkt orthogonal darüber, indem du die Umschalttaste dabei gedrückt hältst.



- Beende deine Kurve ebenfalls mit einer orthogonalen Linie zur Mittelachse.



Der Kurvenbefehl „Punkte interpolieren“ erzeugt im gegensatz zur Kontrollpunktcurve eine Kurve, die durch jeden deiner gesetzten Punkte verläuft. Alle Kurven (und die meisten anderen Objekte) kannst du im Nachhinein noch anpassen indem du entweder die Bearbeitungspunkte (liegen auf der Kurve) oder die Kontrollpunkte (die Kurve ist daran aufgehängt) aktivierst und verschiebst.





Freiformkurven korrigieren

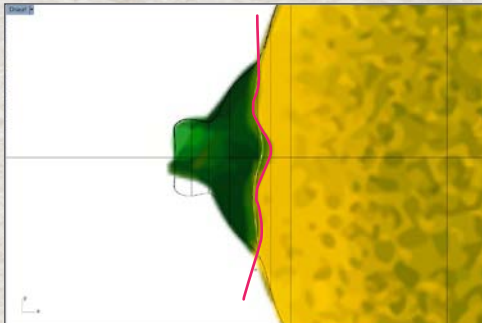
- Schalte für deine Konturlinie die **Bearbeitungspunkte ein** und korrigiere diese bei Bedarf

GEOMETRIE ERZEUGEN

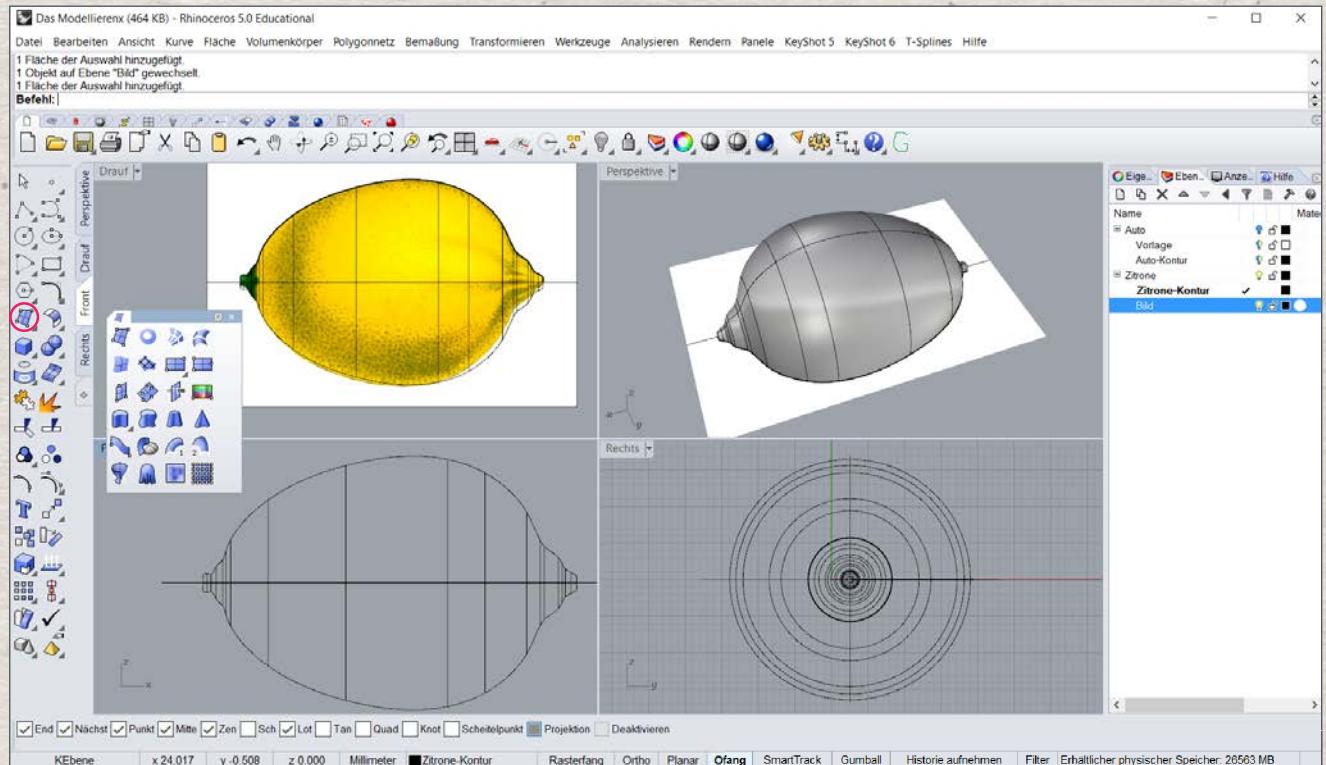


Rotationskörper

- Wechsle in die **4 Ansichtfenster** Ansicht
- Linksklick auf **Rotation**  > 
- **Folge der Befehlsaufforderung:**
 Kurve zum Rotieren = deine Konturlinie
 Rotationsachse = Mittelachse
 Startwinkel = 0
 Rotationswinkel = 360
- Vergrößere die **Drauf** Ansicht
- Linksklick auf **Kurve: Punkte interpolieren**  > 
- Zeichne eine Trennlinie entlang der grünen Kappe



- **Teile** den Rotationskörper entlang der Kappe 
- **Blende die Ebene „Bild“** aus



Freies Training

- **Erstelle zwei neue Ebenen:** „gelb“ und „grün“ und färbe diese entsprechend ein
- Verschiebe Zitrone und Stiel auf die jeweilige Ebene



GEOMETRIE ERZEUGEN

Teil 2 meiner Befehlsfavoriten

-  **Polylinie:** zeichnet eine Reihe zusammenhängende gerade oder bogenförmige Linien.
-  **Linie: aus Mittelpunkt:** zeichnet eine Linie, die auf beiden Seiten des Mittelpunkts gleich lang ist.
-  **Linie: tangential/rechtwinklig zu Kurve:** zeichnet Linien in Abhängigkeit zu anderen Objekten (hier: eine Auswahl der Befehle)
-  **Kontrollpunktcurve:** zeichnet eine an Kontrollpunkten aufgehängte Kurve
-  **Kurve: Punkte interpolieren:** zeichnet eine Kurve durch Punkte
-  **Auf Fläche interpolieren:** projiziert die gezeichnete Kurve direkt auf eine Fläche
-  **Helix:** zeichnet eine Helix
-  **Spirale:** zeichnet eine Spirale
-  **Kurven zwischen zwei Kurven**
-  **Kreis: Mitte, Radius:** erzeugt einen Kreis über den Mittelpunkt und einen Radius/Punkt auf Kreis
-  **Kreis: Durchmesser:** erzeugt einen Kreis über die zwei Punkte auf dem Kreis mit dem größten Abstand
-  **Kreis: 3 Punkte:** erzeugt einen Kreis über drei Punkte auf dem Kreis
-  **Rechteck: Eckpunkt zu Eckpunkt:** erzeugt ein Rechteck (geschlossene Polylinie) über zwei diagonalen Eckpunkte
-  **Rechteck: 3 Punkte:** erzeugt ein Rechteck über drei Punkte
-  **Bogen: Mitte, Start, Winkel:** zeichnet einen Bogen beginnt beim Mittelpunkt, über einen Start- und Endpunkt oder über die Eingabe eines Winkels
-  **Bogen: Start, Ende, Punkt auf Boden:** zeichnet einen Bogen über Start- und Endpunkt und einem Punkt auf dem Boden
-  **Bogen: Start, Ende, Richtung beim Start:** zeichnet einen Bogen über Start- und Endpunkt und einer Tangente zum Startpunkt
-  **Kurven verrunden:** verrundet zwei Kurven mit einem tangentialen Bogen
-  **Kurven fassen:** erzeugt eine Fase zwischen Kurven
-  **Eckpunkte verrunden:** verrundet die Eckpunkte von Polykurven und -linien mit Bögen.
-  **Anpassbare Überblendungskurve:** überblendet zwei Kurven- oder Flächenkanten
-  **Parallelkurve:** erzeugt parallel verlaufende Kurven
-  **Kurvennaht anpassen:** verschiebt den Nahtpunkt (Start/Ende) auf einer geschlossenen Kurve
-  **Kurve neu aufbauen:** ändert den Grad und/oder die Anzahl der Kontrollpunkte einer Kurve/Fläche
-  **Kurve verlängern:** verlängert eine Kurve stetig an ein Begrenzungsobjekt
-  **Anschließen:** Verlängert und trimmt Kurven an ihrem Treffpunkt
-  **Kurve verlängern:** verlängert eine Kurve gerade/stetig/bogenförmig



GEOMETRIE ERZEUGEN



-  **Polygon: Mitte, Radius:** erzeugt ein Polygon (geschlossene Polylinie) mit beliebig vielen Ecken über den Mittelpunkt und Radius
-  **Polygon: Stern:** erzeugt einen Stern (geschlossene Polylinie) mit beliebig vielen Ecken über den Mittelpunkt und Radius
-  **Bearbeitungspunkte ein:** aktiviert die Bearbeitungspunkte auf einer Kurve
-  **Punkte ein:** aktiviert die Kontrollpunkte eines Objekts
-  **Verbinden:** verbindet Kurven zu Polykurven und Flächen zu Flächenverbände oder Volumenkörpern
-  **Zerlegen:** zerlegt Objekte
-  **Trimmen:** schneidet Teile eines Objektes entlang eines Schnittobjektes und löscht diese
-  **Teilen:** teilt Objekte entlang eines Schnittobjektes
-  **Gruppieren:** gruppiert ausgewählte Objekte
-  **Gruppe auflösen:** entgruppiert ausgewählte Gruppen

PRÄZISES MODELLIEREN



Fremddaten

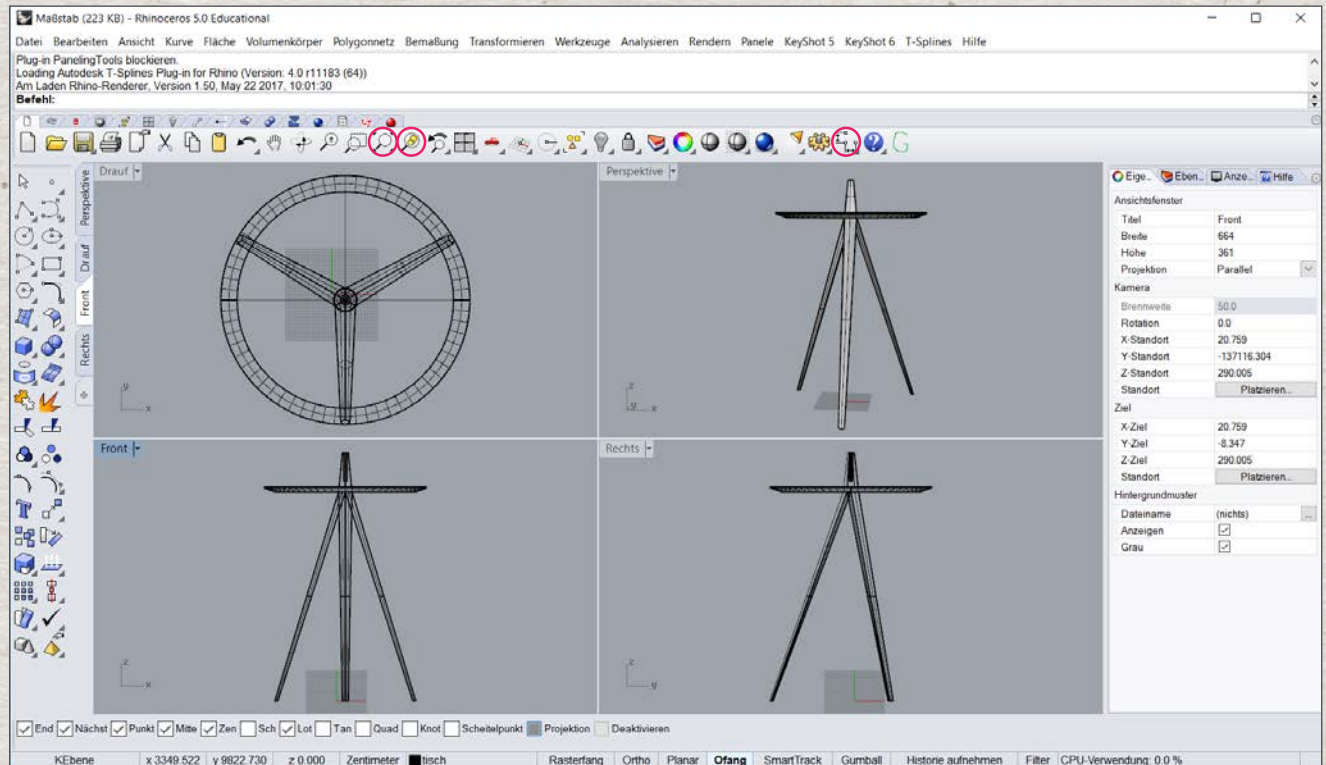
- Öffne die Datei „**Masstab.3dm**“
- Kannst du abschätzen, wie hoch der Beistelltisch ist?

- **Blende die Ebene „Maßstab“ ein.**
- Rechtsklick auf **Zoom bildfüllend**

- Kannst du nun abschätzen, wie hoch der Beistelltisch ist?

Im Verhältnis zum Maßstabsmännchen ist dein Beistelltische unrealistisch klein. Miss nach, um zu erfahren, wie weit er von der Realität entfernt ist:

- Wähle den **Tisch** aus
- Rechtsklick auf **Zoom Auswahl**
- Vergrößere die **Front** Ansicht
- Linksklick auf **lineare Bemaßung**
- Folge der Befehlsaufforderung und **vermeße die Höhe des Tisches**
- Würdest du sagen, das ist eine **Realistische Höhe für einen Tisch?**



Klingt realistisch oder? Demnach ist nicht der Tisch zu klein, sondern dein Maßstabsmännchen viel zu groß. Richtig?

In welchen Einheiten bewegen wir uns überhaupt? Das kannst du in der Statuszeile ablesen. Hier steht „Zentimeter“. Nun können wir die Tischgröße einordnen und das Ergebnis ist, dass sowohl

der Tisch als auch das Männchen viel zu groß geraten sind. Das könnte teuer werden. Daher lohnt es sich beim Importieren oder Bearbeiten von Fremddaten einen Blick in die Einstellungen zu werfen.

PRÄZISES MODELLIEREN



Ein eigenes Modell erstellen

- Öffne eine neue Datei mit der Vorlage **kleine Objekte - Millimeter**

Bisher waren unsere Übungen mehr „Malen nach Zahlen“ als präzises Modellieren. Für ungenaue Modelle oder als Orientierungshilfe, ist der Zitronen-Weg eine schnelle und nützliche Methode - nur so entstehen keine präzisen Modelle.

Starten wirst du meistens mit einer leeren Zeichenfläche. Deine Vorgabe hast du entweder als Modell vor dir, von dem du Maß nimmst, vielleicht gibt es auch eine technische Zeichnung von der du die Maße ablesen kannst oder aber du hast nichts als eine grobe Idee der Form in deinem Kopf.

Wenn man nun eine Form aus dem Kopf digitalisieren möchte, hat man zwar kaum präzise Werte, es lohnt sich aber trotzdem grob maßstäblich zu arbeiten, statt blind zu klicken, da man sonst leicht jeglichen Bezug zur Realität verlieren kann.

Deine leere Datei arbeitet in Millimeter. Wenn du die nebenstehende Zeichnung 1 zu 1 in deine 3D-Datei übertragen möchtest, dann erreichst du das nur über eine genaue Eingabe von Werten in die Befehlszeile.

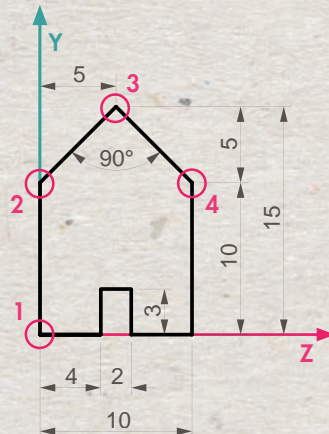
Das kartesische Weltkoordinatensystem

Rhinos kartesisches Weltkoordinatensystem (WKS) basiert auf drei Achsen: X, Y, Z. Werte werden immer in dieser Reihenfolge angegeben. Die drei parallelen Ansichten stellen jeweils nur 2 Achsen dar. Daher gelten folgende Regeln bei der Eingabe:

Perspektive:	X,Y,Z		
Drauf:	X,Y	oder	X,Y,Z
Front:	X,Z	oder	X,Y,Z
Rechts:	Y,Z	oder	X,Y,Z

Eingabe von absoluten Koordinaten

Die Absoluten Koordinaten beziehen sich auf den Nullpunkt/ Ursprung (0,0,0) des WKS. Die Absolute Eingabe 2,5,5,1 verweist also auf einen Punkt, der bei X=2, Y=5.5 und Z=1 liegt.



Ein Komma zwischen zwei Werten trennt die Achsen.
Ein Punkt zwischen zwei Werten bildet eine Dezimalzahl.



Absolute Koordinaten

- Vergrößere die **Drauf** Ansicht (X,Y)
- Linksklick auf **Polylinie**
- Starte mit Punkt 1 im Ursprung indem du in die Befehlszeile **0** eingibst und bestätigst
- Für Punkt 2 gib **0,10** ein und bestätige
- Für Punkt 3 gib **5,15** ein und bestätige
- Für Punkt 4 gib **10,10** ein und bestätige
- Zeichne selbstständig weiter

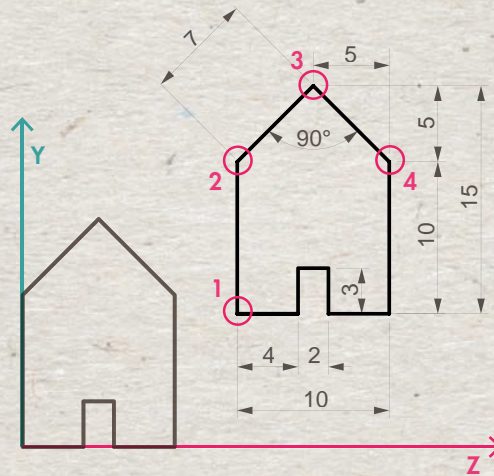
PRÄZISES MODELLIEREN

Eingabe von relativen Koordinaten

Relativen Koordinaten beziehen sich auf den zuletzt eingegebenen Punkt. Damit Rhino erkennt, dass es sich um eine relative Eingabe handelt, musst du ein „r“ vor die Koordinaten setzen.

Lag dein letzter Punkt bei 1,1,1, dann verweist die relative Eingabe r2,5.5,1 also auf einen Punkt, der bei X=3, Y=6.5 und Z=2 liegt.

Relative Koordinaten sind hilfreich, wenn man an ein bestehendes Objekt anknüpft und nicht weiß, wie weit ein Punkt vom Ursprung entfernt ist.



Eingabe von Abstands- und Winkelbeschränkungen

Die Abstandsbeschränkung definiert einen Abstand vom zuletzt erzeugten Punkt ohne eine Richtung festzulegen. Hierzu gibst du einzig den Abstand als Wert an und bestätigst.

Die Winkelbeschränkung definiert einen Winkel vom zuletzt erzeugten Punkt ohne einen Abstand festzulegen. Hierzu gibst du das Winkelsymbol „<“ gefolgt von einem Winkelwert an und bestätigst.



Relative Koordinaten

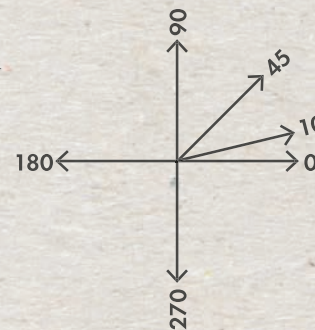
- Linksklick auf **Polylinie**
- Starte mit Punkt 1 frei im Feld indem du mit der Maus auf die Arbeitsfläche klickst
- Für Punkt 2 gib **r0,10** ein und bestätige
- Für Punkt 3 gib **r5,5** ein und bestätige
- Für Punkt 4 gib **r5,-5** ein und bestätige
- Zeichne selbstständig weiter

Eingabe von vektorisierten Koordinaten

Vektorisierte Koordinaten definieren den Abstand und die Richtung, in der ein Punkt gesetzt wird. Dabei bezieht sich die Eingabe entweder auf den Ursprung oder auf den vorherigen Punkt „r“. Damit Rhino erkennt, dass es sich um einen Vektor handelt, musst du ein „<“ vor die Gradzahl setzen.

In Rhino liegt die Null Grad Achse auf drei Uhr und verläuft gegen den Uhrzeigersinn.

Die Eingabe r2<45 verweist also auf einen Punkt, der 2 Einheiten vom letzten Punkt entfernt liegt und im 45 Grad Winkel verläuft.



Abstandsbeschränkung und vektorisierte Koordinaten

- Linksklick auf **Polylinie**
- Starte mit Punkt 1 frei im Feld
- Für Punkt 2 gib **10** ein und halte die Umschalttaste gedrückt um orthogonal nach oben zu verfahren
- Für Punkt 3 gib **r7<45** ein und bestätige
- Für Punkt 4 gib **r7<-45** ein und bestätige
- Zeichne selbstständig weiter

Ein negativer Winkelwert startet ebenfalls auf drei Uhr und verläuft dann aber im Uhrzeigersinn.

