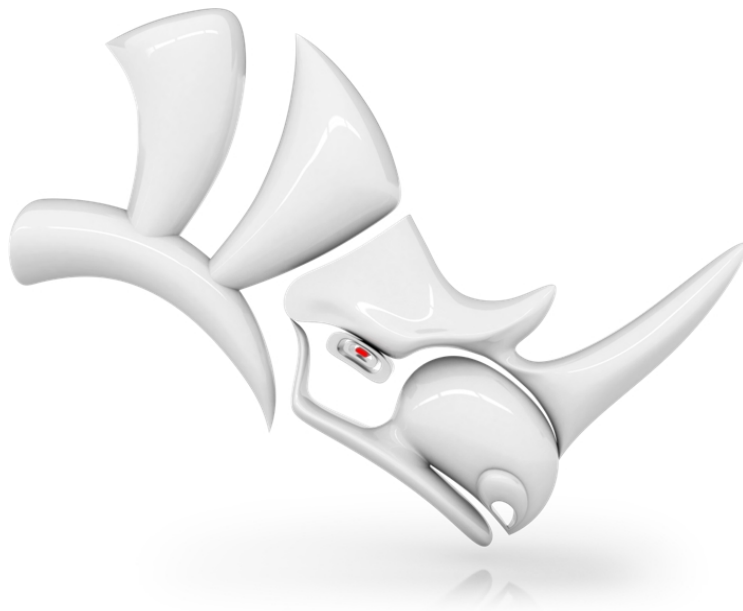


# Rhino**ceros**<sup>®</sup>

Modellierwerkzeuge für Designer

Trainingshandbuch

Stufe 2



Rhinoceros Stufe 2 Trainingshandbuch

© Robert McNeel & Associates 2021

Alle Rechte vorbehalten.

Gedruckt in Barcelona

Erlaubnis zur kostenlosen Erstellung von Digital- oder Papierkopien eines Teils oder des ganzen Handbuchs für persönlichen oder pädagogischen Nutzen wird bewilligt, es sei denn, die Kopien werden für Profit- oder Erwerbszwecke hergestellt oder verteilt. Die Erstellung von Kopien für andere Zwecke, die Neubearbeitung, die Veröffentlichung auf anderen Servern oder die Weiterleitung an Verteilerlisten muss durch Einholung einer Erlaubnis von Robert McNeel & Associates bewilligt werden. Erlaubnis zur Neubearbeitung einholen von: Publications, Robert McNeel & Associates, 3670 Woodland Park Avenue North, Seattle, WA 98103; FAX (206) 545-7321; E-Mail [permissions@mcneel.com](mailto:permissions@mcneel.com).

**Inhaltliche Rechte:**

Pascal Golay, Robert McNeel & Associates

Mary Ann Fugier, Robert McNeel & Associates

Jerry Hambly, Robert McNeel & Associates

Vanessa Steeg, Robert McNeel & Associates

Für Feedback schreiben Sie bitte eine E-Mail an Mary Ann Fugier [mary@mcneel.com](mailto:mary@mcneel.com).

**Korrekturlesung:**

Bob Koll, Robert McNeel & Associates

Lambertus Oosterveen

Vanessa Steeg, Robert McNeel & Associates

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	iii
<b>Kapitel 1 - Einführung</b> .....	<b>7</b>
Software .....	7
Zielgruppe .....	7
Dauer .....	7
Voraussetzungen .....	7
Kursziele .....	7
Drei ganze Tage .....	8
6 halbe Tage (Online-Training) .....	9
<b>Kapitel 2 - Die Modelle erhalten</b> .....	<b>11</b>
Übung 2-1 Konfiguration Ihres Arbeitsplatzes .....	11
Option 1: Alle Dateien getrennt herunterladen .....	11
Option 2: Alle Dateien auf einmal herunterladen .....	11
Übung 2-2 Aufwärmübung .....	12
Übung 2-3 Erzeugen Sie eine Trackball-Maus .....	13
<b>Kapitel 3 - Personalisierung der Rhino-Benutzeroberfläche</b> .....	<b>15</b>
Konfiguration der Werkzeugleisten .....	15
Übung 3-1 Anpassung der Rhino-Benutzeroberfläche .....	15
Regeln für Befehle in Schaltflächen .....	22
Befehlsverweise .....	27
Makroeditor .....	27
Rhino-Optionen exportieren und importieren .....	28
Tastenkombinationen .....	28
Plug-ins .....	29
Skripting .....	32
Vorlagedateien .....	34
Übung 3-2 Erstellung einer Vorlage .....	34
<b>Kapitel 4 - NURBS-Topologie</b> .....	<b>39</b>
Übung 4-1 Mit Topologie arbeiten .....	39
Übung 4-2 Getrimmte Flächen beobachten .....	43
Benutzerdefinierte Anzeigemodi .....	45
Übung 4-3 Die Rückseite farbig machen .....	45
<b>Kapitel 5 - Kurvenerzeugung und Stetigkeit</b> .....	<b>49</b>
Kurvengrad .....	49
Übung 5-1 Kurvengrad beobachten .....	49
Kurven- und Flächenstetigkeit .....	51
Nicht stetig .....	51
Stetigkeit nach Position (G0) .....	51
Stetigkeit nach Tangentialität (G1) .....	51
Krümmungsstetigkeit (G2) .....	52
Kurvenstetigkeit und Krümmungsanzeige .....	52
Übung 5-2 Geometrische Stetigkeit überprüfen .....	57
Erstellung von Verweisen .....	58
Übung 5-3 Erstellung von Verweisen für die Objektfänge Entlang und Zwischen .....	58
Tangentenstetigkeit .....	59
Tab-Richtungssperre .....	59
Krümmungsstetigkeit .....	64
Übung 5-4 Anpassung der Kurven .....	64

Fortgeschrittene Techniken zur Stetigkeitsüberprüfung .....	65
<b>Kapitel 6 - Flächenstetigkeit .....</b>	<b>67</b>
Analyse der Flächenstetigkeit .....	67
Flächenstetigkeit anpassen .....	67
Optionen zum Anpassen der Fläche .....	67
Anpassung der Isokurvenrichtung .....	67
Flächenstetigkeit und FlächeAnpassen .....	67
Übung 6-1 Anpassung der Flächenstetigkeit üben .....	67
Hinzufügen von Knoten zur Steuerung der Flächenanpassung .....	72
Verwendung von EndAusbuchtung zum Bearbeiten der Flächenform .....	73
Flächen anpassen .....	74
Flächenbefehle, die die Stetigkeit beachten .....	76
Übung 6-2 Eine Fläche aus einem Kurvennetzwerk erzeugen .....	77
Eine Füllfläche erzeugen .....	79
Optionen der Füllfläche .....	80
Übung 6-3 Erstellung einer Füllfläche aus einer Kante und Punkten .....	81
Loften .....	81
Übung 6-4 Eine geloftete Fläche erzeugen .....	81
Überblendungen .....	82
Übung 6-5 Erzeugung eines Flächenüberblendung (FlächenÜberblenden 1) .....	83
Optionen der Flächenüberblendung .....	91
Übung 6-6 Erstellung einer Flächenüberblendung mit Optionen .....	91
Verrundungen, Überblendungen und Ecken .....	94
Übung 6-7 Erstellung einer Eckverrundung mit drei verschiedenen Radien .....	95
Übung 6-8 Erstellung einer variablen Radiusüberblendung .....	96
Übung 6-9 Erzeugung einer Sechserverrundung mithilfe einer Füllfläche .....	97
<b>Kapitel 7 - Modellieren mit Historie .....</b>	<b>101</b>
Aktivieren der Historie .....	102
Warum ist die Historienaufnahme standardmäßig deaktiviert? .....	102
Wichtige Hinweise für die Historie .....	103
Befehle mit Historienunterstützung .....	104
Befehle mit Historienunterstützung .....	104
Fortgeschrittene Flächenstrategien .....	105
Übung 7-1 Gewölbte Ecken (Teil 1) .....	106
Gewölbte Ecken - eine weitere Methode .....	108
Übung 7-2 Gewölbte Ecken (Teil 2) .....	108
<b>Kapitel 8 - Fortgeschrittene Flächenkonzepte .....</b>	<b>113</b>
Gewölbte Tasten .....	113
Übung 8-1 Gewölbte Tasten .....	113
Flächen mit Falten .....	123
Übung 8-2 Flächen mit einer Falte (Teil 1) .....	124
Flächen mit einer Falte - Teil 2 .....	128
Übung 8-3 Flächen mit einer Falte (Teil 2) .....	128
Glättung der Eingabekurve zur Steuerung der Flächenqualität .....	131
<b>Kapitel 9 - Modellierung anhand von Referenzbildern .....</b>	<b>137</b>
Übung 9-1 Handapparat .....	138
<b>Kapitel 10 - Vorgehensweisen beim Modellieren .....</b>	<b>155</b>
Der Ausschnitt .....	155
Übung 10-1 Definition und Erstellung von der "Bodenfläche" aus .....	155
Erstellung der Ausschnittseiten .....	168



Übergangsflächen .....	170
<b>Kapitel 11 - Verwendung von 2D-Zeichnungen .....</b>	<b>177</b>
Übung 11-1 Import einer Adobe-Illustrator-Datei .....	177
Verschieben des Logos auf eine Freiformfläche mit Historie .....	182
Erzeugung eines Modells aus einer 2D-Zeichnung .....	186
Übung 11-2 Erzeugung der Reinigungsmittelflasche .....	187
<b>Kapitel 12 - Flächenanalyse .....</b>	<b>193</b>
Übung 12-1 Flächenanalyse .....	193
<b>Kapitel 13 - Digitale Skulpturen .....</b>	<b>199</b>
Werkzeuge zur Kontrollpunktbearbeitung .....	199
Gumball .....	199
ZugModus .....	199
In Intervallen verschieben .....	200
PunktDefinieren .....	200
KnotenEinsetzen .....	200
Einige Überlegungen zum Einsetzen von Knoten .....	200
KontrollpunkteEinsetzen .....	200
Übung 13-1 Armaturenbrett .....	201
Eine weitere Möglichkeit zur Anpassung der Form .....	203
Knoten hinzufügen .....	203
Details hinzufügen .....	204
<b>Kapitel 14 - Verformungswerkzeuge .....</b>	<b>207</b>
Verformung von Objekten .....	207
KäfigBearbeiten .....	207
Übung 14-1 Verformen eines Objekts mithilfe der Käfigbearbeitung .....	207
Übung 14-2 KäfigBearbeiten an der Salatgabel .....	208
Andere Verformungswerkzeuge .....	211
Dehnen .....	211
Übung 14-3 Dehnen eines Objekts .....	211
Ein Objekt auf einer Fläche ausrichten .....	212
Übung 14-4 Platzieren eines kleinen Elements auf einem Objekt .....	213
Verformen eines Objekts in einer Spirale .....	214
Übung 14-5 Verformen unter Verwendung von Wirbel .....	214
Einer Kurve entlang verschieben .....	215
Übung 14-6 Verformung eines Objekts durch Verschieben entlang einer Kurve .....	215
EntlangVerschieben .....	216
Einen Ring mit dem Befehl EntlangVerschieben erstellen .....	218
Übung 14-7 Die Teile eines Rings entlang einer Ringkörperkurve verschieben .....	218
<b>Kapitel 15 - Blöcke .....</b>	<b>225</b>
Instanzen und Definitionen .....	225
Definition eines Blocks .....	225
Einfügungspunkte .....	225
Eingebettete und verknüpfte Blöcke .....	225
Ebenen und Blöcke .....	225
Regeln für den Block .....	225
Blöcke .....	226
Übung 15-1 Grundlegendes zu den Blöcken .....	226
Dateien als Blöcke .....	228
Übung 15-2 Einsetzen von Dateien als Blöcke .....	228

<b>Kapitel 16 - Problembehandlung</b> .....	<b>231</b>
Allgemeine Strategie .....	231
Beginnen Sie mit einer sauberen Datei .....	231
Übung 16-1 Anwendung der Methoden .....	233
<b>Kapitel 17 - Polygonnetze</b> .....	<b>235</b>
Renderpolygonnetze .....	235
Polygonnetze für die Fertigung .....	235
Übung 17-1 Mit Polygonnetzeinstellungen experimentieren .....	236
Polygonnetze aus NURBS-Objekten .....	237
<b>Kapitel 18 - Rendering</b> .....	<b>241</b>
Übung 18-1 Rendering in Rhino .....	241
Rendereigenschaften .....	245
Übung 18-2 Rendering mit Umgebungen .....	245
Szenenbeleuchtung .....	248
Bild- und Bump-Maps .....	250
Decals .....	251
<b>Kapitel 19 - Einführung in Grasshopper</b> .....	<b>257</b>
Das Rad .....	257
Die Grasshopper-Arbeitsfläche .....	257
Die Grasshopper-Einstellungen .....	257
Der Finder .....	258
Erzeugen der Kreise .....	259
Teilung des Kreises .....	261
Die Punkte verbinden .....	261
Die Kurven als Rohre zeichnen .....	262
Ausrichtung des Rads .....	263
Spiegeln des Vorderrads .....	264
Skalieren des Vorderrads .....	265
List Item zur Auswahl des Reifens .....	267
Ausfindigmachen der Unteren Fläche des Rad-Hüllkörpers .....	268
Skalierung des Vorderrads von unten her .....	269
Die Räder "backen" .....	270

# Kapitel 1 - Einführung

---

In diesem Kurs lernen Sie fortgeschrittene Modellierungstechniken und somit auch die Anwendung von Rhinos Modellierwerkzeugen, fortgeschrittenen Flächenfunktionen, Kurven und Flächentopologien in praktischen Situationen. Der Unterricht findet in einem schnellen Arbeitstempo statt. Die besten Resultate erzielen Sie daher, wenn Sie zusätzlich in Ihrer Freizeit üben und die **Rhino-Hilfe** im Menü **Hilfe**: Hilfethemen konsultieren.

## Software

Das Trainingshandbuch wurde für den Gebrauch mit Rhinoceros 6 oder neuer erstellt. Die Trainingsdateien wurden aktualisiert, um mit Rhinoceros 6 oder neuer geöffnet zu werden.

## Zielgruppe

Dieser Kurs und Schulungsleitfaden wurde zur Begleitung der Schulungssitzungen der Stufe 2 in Rhinoceros unter Aufsicht eines Trainers erstellt. Der Kurs richtet sich an fortgeschrittene Rhino-Anwender und technische Kundenbetreuer gleichermaßen.

## Dauer

Der Kurs gliedert sich typischerweise in drei Tage zu je acht Stunden und hat somit eine Gesamtdauer von 24 Stunden. Er kann sowohl in drei ganztägigen als auch sechs halbtägigen Sitzungen stattfinden oder kundengerecht angepasst werden.

Die Trainer sollten sich vorbereiten, indem Sie die während des Trainings zu verwendenden Übungen auswählen und entscheiden, welche davon als Hausaufgabe zu erledigen sind.

## Voraussetzungen

Erfolgreicher Abschluss des Trainingskurses der Stufe I oder gleichbedeutend und mindestens dreimonatige Erfahrung in der Anwendung von Rhino.

## Kursziele

In Stufe 2 lernen Sie Folgendes:

- Werkzeugleisten und Werkzeugleistensammlungen personalisieren
- Einfache Makros erzeugen
- Erweiterte Objektfänge verwenden
- Abstands- und Winkelbeschränkungen mit Objektfängen verwenden
- Kurven entwerfen und ändern, die zum Entwurf von Flächen mit Methoden der Kontrollpunktbearbeitung verwendet werden
- Kurven unter Verwendung der Krümmungsanzeige auswerten
- Eine Reihe von Strategien zur Flächenerzeugung verwenden
- Flächen und Kurven neu aufbauen
- Die Krümmungsstetigkeit der Fläche steuern
- Benutzerdefinierte Konstruktionsebenen erzeugen, bearbeiten, speichern und wiederherstellen
- Flächen und Features unter Verwendung benutzerdefinierter Konstruktionsebenen erzeugen
- Objekte gruppieren
- Modelle unter Verwendung von Schattierungsfunktionen visualisieren, auswerten und analysieren
- Text um ein Objekt oder auf einer Fläche platzieren
- Planare Kurven auf eine Fläche mappen
- Erstellung von 3D-Modellen aus 2D-Zeichnungen und gescannten Bildern
- Importierte Dateien säubern und saubere Dateien importieren
- Renderwerkzeuge verwenden

**Drei ganze Tage**

<b>Tag 1</b>	<b>Thema</b>
8:00 – 9:30 Uhr	Einführung und Aufwärmübung
9:30 – 12:00 Uhr	Benutzeroberfläche und Anpassung
12:00 – 13:00 Uhr	Mittagessen
13:00 – 15:00 Uhr	NURBS-Topologie und Kurvengrad
15:00 – 17:00 Uhr	Kurven- und Flächenstetigkeit
<b>Tag 2</b>	<b>Thema</b>
8:00 – 10:00 Uhr	Historie, fortgeschrittene Flächentechniken und Konstruktionsebene-Tools
10:00 – 12:00 Uhr	Fortführung Konstruktionsebenen, Objektmapping mit Flächen
12:00 – 13:00 Uhr	Mittagessen
13:00 – 15:00 Uhr	Flächenanalyse
15:00 – 17:00 Uhr	Zusammenfassung - Übung "Lufttrittsgehäuse"
<b>Tag 3</b>	<b>Thema</b>
8:00 – 10:00 Uhr	Fortführung Konstruktionsebenen, Objektmapping mit Flächen
10:00 – 12:00 Uhr	Flächenanalyse, direkte Flächenbearbeitung
12:00 – 13:00 Uhr	Mittagessen
13:00 – 15:00 Uhr	Blöcke, Fehlersuche und -behebung, Polygonnetze
15:00 – 17:00 Uhr	Rendering (wenn es die Zeit erlaubt)
	Stundenpläne werden empfohlen. Der anwendbare Stundenplan wird vom Trainer erstellt.

## 6 halbe Tage (Online-Training)

<b>1. Einheit</b>	<b>Thema</b>
9:00 – 10:45 Uhr	Einführung und Aufwärmübung
11:00 – 12:30 Uhr	Benutzeroberfläche und Anpassung
12:45 – 13:00 Uhr	Fragen
13:00 Uhr	Ende der Einheit
<b>2. Einheit</b>	<b>Thema</b>
9:00 – 10:45 Uhr	NURBS-Topologie und Kurvengrad
11:00 – 12:45 Uhr	Kurven- und Flächenstetigkeit
12:45 – 13:00 Uhr	Fragen
13:00 Uhr	Ende der Einheit
<b>3. Einheit</b>	<b>Thema</b>
9:00 – 10:45 Uhr	Historie, fortgeschrittene Flächentechniken und Konstruktionsebene-Tools
11:00 – 12:45 Uhr	Fortführung Konstruktionsebenen, Objektmapping mit Flächen
12:45 – 13:00 Uhr	Fragen
13:00 Uhr	Ende der Einheit
<b>4. Einheit</b>	<b>Thema</b>
9:00 – 10:45 Uhr	Flächenanalyse
11:00 – 12:45 Uhr	Zusammenfassung - Übung "Lufteintrittsgehäuse"
12:45 – 13:00 Uhr	Fragen
13:00 Uhr	Ende der Einheit
<b>5. Einheit</b>	<b>Thema</b>
9:00 – 10:45 Uhr	Fortführung Konstruktionsebenen, Objektmapping mit Flächen
11:00 – 12:45 Uhr	Flächenanalyse, direkte Flächenbearbeitung
12:45 – 13:00 Uhr	Fragen
13:00 Uhr	Ende der Einheit
<b>6. Einheit</b>	<b>Thema</b>
9:00 – 10:45 Uhr	Blöcke, Fehlersuche und -behebung, Polygonnetze
11:00 – 12:45 Uhr	Rendering (wenn es die Zeit erlaubt)
12:45 – 13:00 Uhr	Fragen
13:00 Uhr	Ende der Einheit



# Kapitel 2 - Die Modelle erhalten

## Übung 2-1 Konfiguration Ihres Arbeitsplatzes

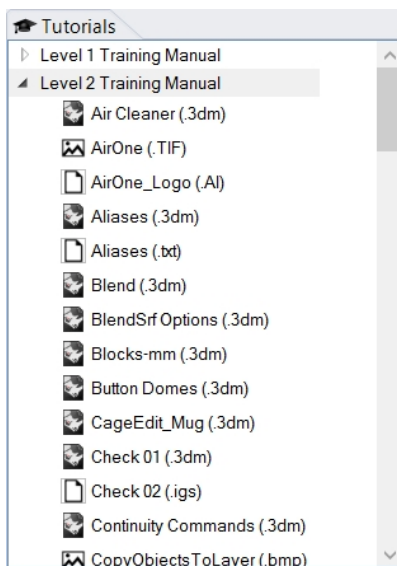
Sie können auf die in diesem Trainingshandbuch verwendeten Modelle vorrangig durch zwei Optionen zugreifen. Entweder Rhino lädt jede Datei nach Bedarf für Sie herunter, oder Sie können alle Dateien als komprimierte zip-Datei herunterladen und sie dann in einen Ordner entpacken.

**Hinweis:** Um Rhino in effektiver Weise auf Ihrem Computer auszuführen, sind Grundkenntnisse in der Dateiverwaltung notwendig. Wenn Sie mit dem Erstellen von Ordnern bzw. Kopieren, Umbenennen oder Löschen von Dateien nicht vertraut sind, hören Sie an dieser Stelle auf erwerben Sie sich diese Kenntnisse.

### Option 1: Alle Dateien getrennt herunterladen

Wenn Sie mit der Dateiverwaltung auf Windows nicht vertraut sind, ist dies die bessere Option. Wenn Sie es vermeiden möchten, alle Dateien einzeln herunterzuladen, machen Sie einfach weiter mit *Option 2: Alle Dateien auf einmal herunterladen*.

1. Erstellen Sie einen Ordner auf Ihrem **Desktop** oder innerhalb Ihres Ordners **Dokumente** bzw. an einem beliebigen Ort, zu dem Sie volle Zugangsberechtigung haben.
2. Nennen Sie den Ordner **Stufe 2 Training** oder geben Sie ihm sonst einen Namen, der Ihnen gut im Gedächtnis bleibt.
3. Öffnen Sie die **Rhino**-Anwendung.
4. Klicken Sie im **Hilfe**-Menü auf **Rhino lernen** und klicken Sie auf **Tutorials und Beispiele**. Daraufhin erscheint das Panel **Tutorials**.



5. Navigieren Sie zum Ordner **Stufe 2 Trainingshandbuch** und scrollen Sie zum Modell.
6. Doppelklicken Sie auf die Datei. So werden die Dateiinhalte in ein neues Rhino-Modell geladen.
7. Speichern Sie am Ende jeder Sitzung die Datei in Ihrem in den vorausgegangenen Schritten erstellten Ordner.
8. Wiederholen Sie diese Schritte zu Beginn jeder Übung, in der Sie zum Öffnen einer vorhandenen Datei angewiesen werden.
9. Für Übungen, zu denen Bilddateien notwendig sind, laden Sie die erforderlichen Dateien herunter und speichern Sie diese im gleichen Ordner, in dem Sie Ihr 3dm-Modell in Schritt 7 gespeichert haben. Dieser Vorgang muss für jede Bilddatei neu ausgeführt werden.

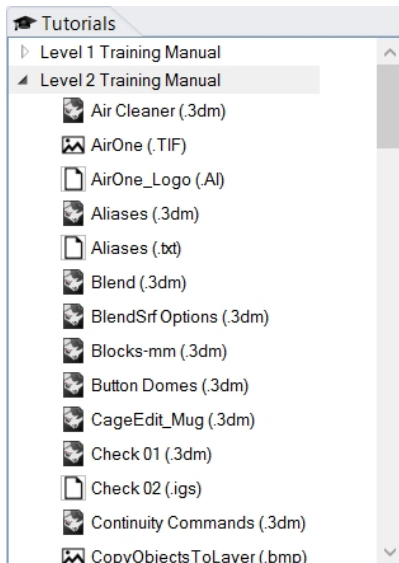
Zum Rendern des Modells Tasse.3dm beispielsweise sind alle folgenden Dateien notwendig:  
 MintyGreen-Box End.png, MintyGreen-Box Side.png, MintyGreen-Box\_upper.png, MintyGreen-Floss.png,  
 MintyGreen-SideFlap\_RGBA.tif, MintyGreen-TopFlap\_RGBA.tif, MintyGreen-Tube.png, Sailboat\_RGBA.tif

### Option 2: Alle Dateien auf einmal herunterladen

Sie werden einen Satz vorhandener Modelle und Dateien herunterladen, die in diesem Trainingshandbuch verwendet werden.

Entpacken Sie die Dateien in einen Training-Ordner. Wenn Sie aufgefordert werden, eine Datei zu öffnen, navigieren Sie zu diesem Ordner.

1. Erstellen Sie einen Ordner auf Ihrem **Desktop** oder innerhalb Ihres Ordners **Dokumente** bzw. an einem beliebigen Ort, zu dem Sie volle Zugangsberechtigung haben.
2. Nennen Sie den Ordner **Stufe 2 Training** oder geben Sie ihm sonst einen Namen, der Ihnen gut im Gedächtnis bleibt.
3. Öffnen Sie die **Rhino**-Anwendung.
4. Klicken Sie im **Hilfe**-Menü auf **Rhino lernen** und klicken Sie auf **Tutorials und Beispiele**. Daraufhin erscheint das Panel **Tutorials**.

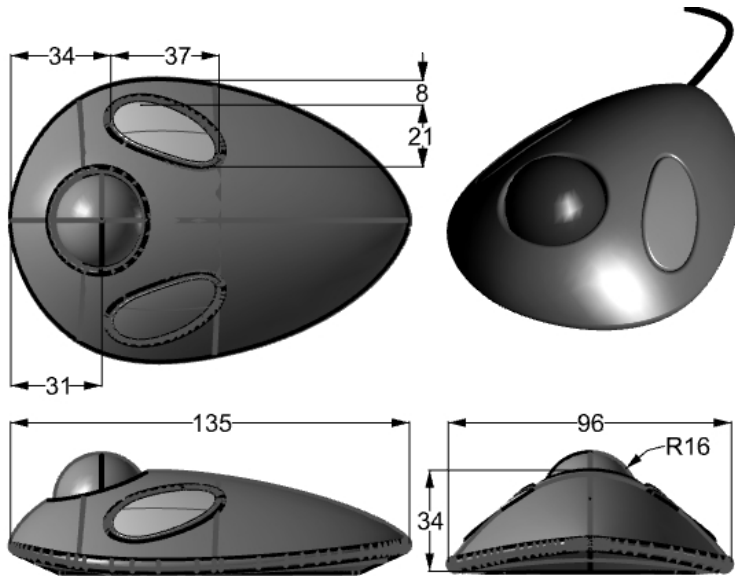


5. Navigieren Sie zum Ordner **Stufe 2 Trainingshandbuch**.
6. Doppelklicken Sie auf **Rhino 6 Stufe 2 Modelle (.zip)** um die Datei herunterzuladen.
7. **Entpacken** Sie die heruntergeladene Datei in den in den vorausgegangenen Schritten erstellten Ordner.
8. Klicken Sie im Rhino-Menü **Datei** auf **Öffnen**.
9. Im Dialogfenster **Öffnen** navigieren Sie zum Ordner **Stufe 2 Trainingshandbuch** und **öffnen** Sie das erforderliche Modell.

## Übung 2-2 Aufwärmübung

Zeigen Sie uns, wie gut Sie Rhino bereits kennen.



**Übung 2-3 Erzeugen Sie eine Trackball-Maus**

1. Öffnen Sie ein neues Dokument und speichern Sie es als **Trackball.3dm**.
2. Modellieren Sie eigenständig eine Trackball-Maus.  
Bemaßungen sind in Millimeter.  
Verwenden Sie die Bemaßungen nur als Richtlinien.



# Kapitel 3 - Personalisierung der Rhino-Benutzeroberfläche

In diesem Kapitel lernen Sie, wie Sie die Benutzeroberfläche in Rhino für Windows mithilfe der folgenden Werkzeuge individuell anpassen können:

- Werkzeugleistenkonfiguration
- Makroeditor
- Tastenkombinationen
- Skripting
- Vorlagedateien

*Hinweis:* Wenn Sie die Version Rhino 6 für Mac oder eine neuere Version verwenden, überspringen Sie bitte diesen Abschnitt und sehen sich stattdessen die Tutorial-Serie [Customizing Tool Pallets in Rhino 6 for Mac](#) an.

## Konfiguration der Werkzeugleisten

Die Werkzeugleistenkonfiguration bestimmt die Anordnung der Werkzeugleisten mit den Befehlsschaltflächen. Die Werkzeugleistenkonfiguration wird in einer RUI-Datei gespeichert, die Sie öffnen und speichern können. RUI-Dateien enthalten Befehlsmakros, Icons in drei Größen sowie die Texte der Schaltfläche und der Tooltips. Rhino wird mit einer Standard-Werkzeugleistendatei installiert und speichert automatisch die aktive Werkzeugleistenkonfiguration vor dem Schließen, sofern die RUI-Datei nicht schreibgeschützt ist. Sie können Ihre eigenen Werkzeugleistendateien erzeugen und diese für eine spätere Verwendung abspeichern.



Sie können mehr als eine Werkzeugleistendatei gleichzeitig geöffnet haben. Dies erlaubt eine größere Flexibilität bei der Anzeige von Werkzeugleisten für bestimmte Aufgaben.

Das Anlegen und Bearbeiten von Werkzeugleisten und Schaltflächen in Rhino ist einfach. Zu dieser Flexibilität gehört auch die Möglichkeit, Befehle in Makros zu kombinieren, um komplexere Aufgaben auszuführen. Neben der Anpassung der Werkzeugleisten besteht auch die Möglichkeit, Befehlsverweise und Tastenkombinationen zur Ausführung von Aufgaben in Rhino zu erstellen.

### Übung 3-1 Anpassung der Rhino-Benutzeroberfläche

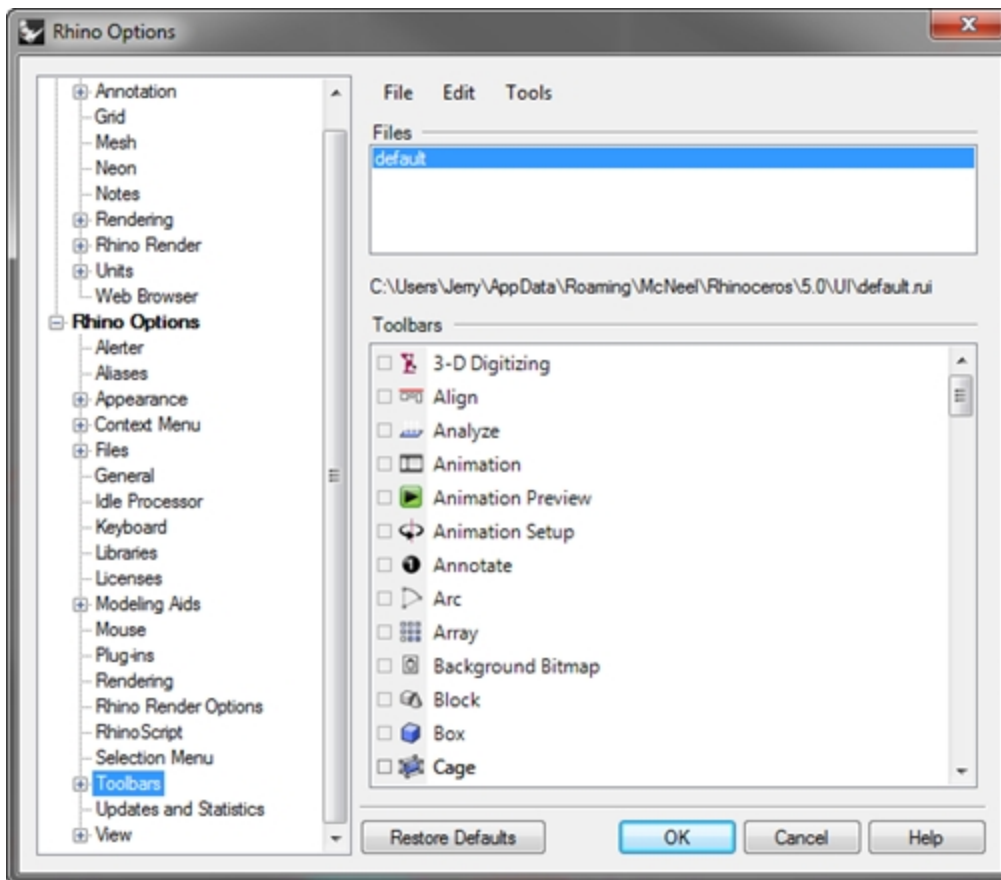
In dieser Übung erzeugen wir Schaltflächen, Werkzeugleisten, Makros, Befehlsverweise und Tastenkombinationen, die wir während des weiteren Unterrichts hindurch verwenden werden.

#### Erstellung einer benutzerdefinierten Werkzeugleistensammlung

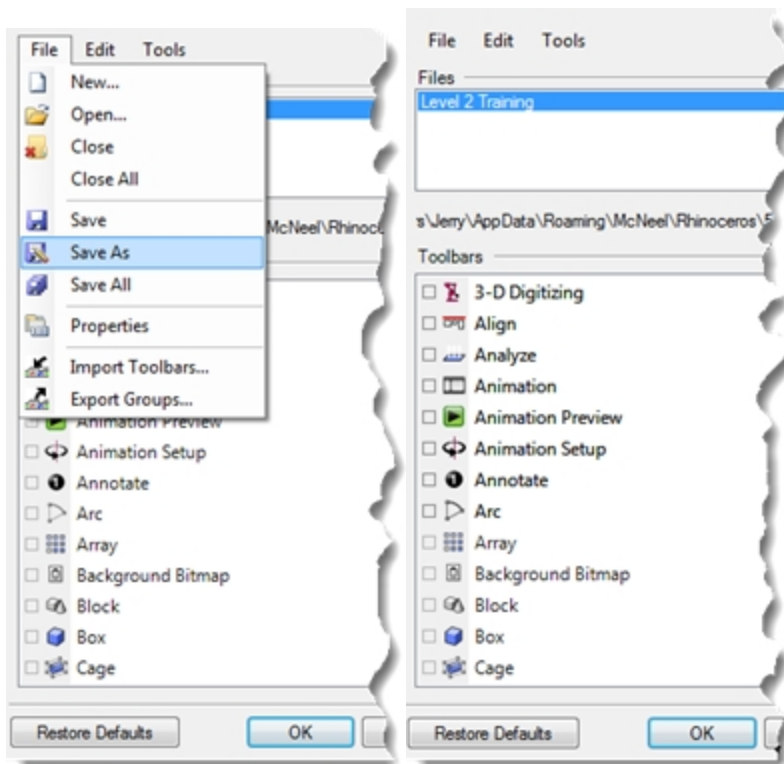
Manchmal entsprechen die Standardbefehle und -schaltflächen nicht zu 100 % Ihren momentanen Anforderungen. Der bildfüllende Zoom zum Beispiel konzentriert sich zunächst auf alle Objekte eines Modells und zeigt diese dann bildfüllend an. In dieser Übung öffnen wir ein Modell mit diversen Objekten, unter denen auch Lichtobjekte sind.

Nun nehmen wir an, dass wir den bildfüllenden Zoom für alle Objekte außer den Lichtobjekten anwenden möchten. Wir werden daher eine neue Werkzeugleiste mit einer Schaltfläche erstellen, die beim bildfüllenden Zoom alle Lichtobjekte ignoriert.

1. **Öffnen** Sie das Modell **ZoomLichter.3dm**.
2. Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **Werkzeugleistenkonfiguration**.
3. Im Dialogfenster **Rhino-Optionen**, Abschnitt **Werkzeugleisten**, wählen Sie die Werkzeugleistendatei "**default**".

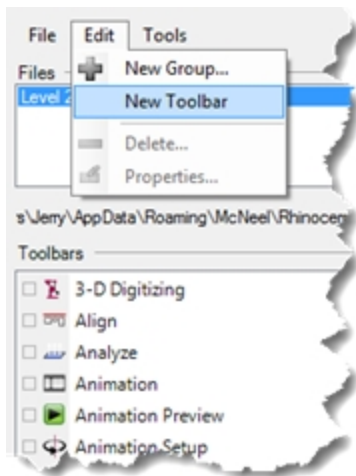


4. Klicken Sie im **Werkzeugleisten**-Menü auf **Datei** und dann auf **Speichern unter**.
5. Im **Dateinamenkästchen** geben Sie **Stufe 2 Training** ein und klicken Sie auf **Speichern**.  
Dadurch wird eine Kopie der aktuellen Werkzeugleistendatei unter dem neuen Namen gespeichert. Werkzeugleistendateien werden mit der Erweiterung RUI gespeichert. Die neue Werkzeugleistendatei können Sie nun selber anpassen.  
Im Dialogfenster der **Rhino-Optionen** werden im Abschnitt **Werkzeugleisten** alle offenen Werkzeugleistendateien zusammen mit einer Liste der für die jeweilige Datei zur Verfügung stehenden Werkzeugleisten angezeigt.  
Die Kontrollkästchen zeigen den derzeitigen Status der Werkzeugleisten an. Ein Kontrollkästchen mit Häkchen zeigt an, dass die Werkzeugleiste angezeigt wird.

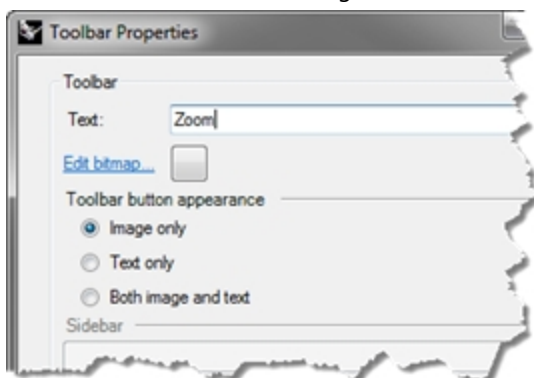


### Erstellung einer neuen Werkzeugleiste

1. Wählen Sie im Abschnitt **Werkzeugleisten** das Menü **Bearbeiten** und klicken Sie auf **Neue Werkzeugleiste**.



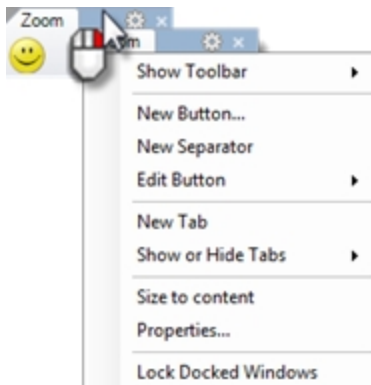
2. Im **Textkästchen** des Dialogfensters **Werkzeugleisteneigenschaften** geben Sie **Zoom** ein und klicken Sie auf **OK**. Es erscheint eine Neue Werkzeugleiste mit einer einzigen Schaltfläche.



3. Klicken Sie im Dialogfenster der **Rhino-Optionen** auf **OK**.

### Die Titelleiste einer schwebenden Werkzeugleiste verwenden

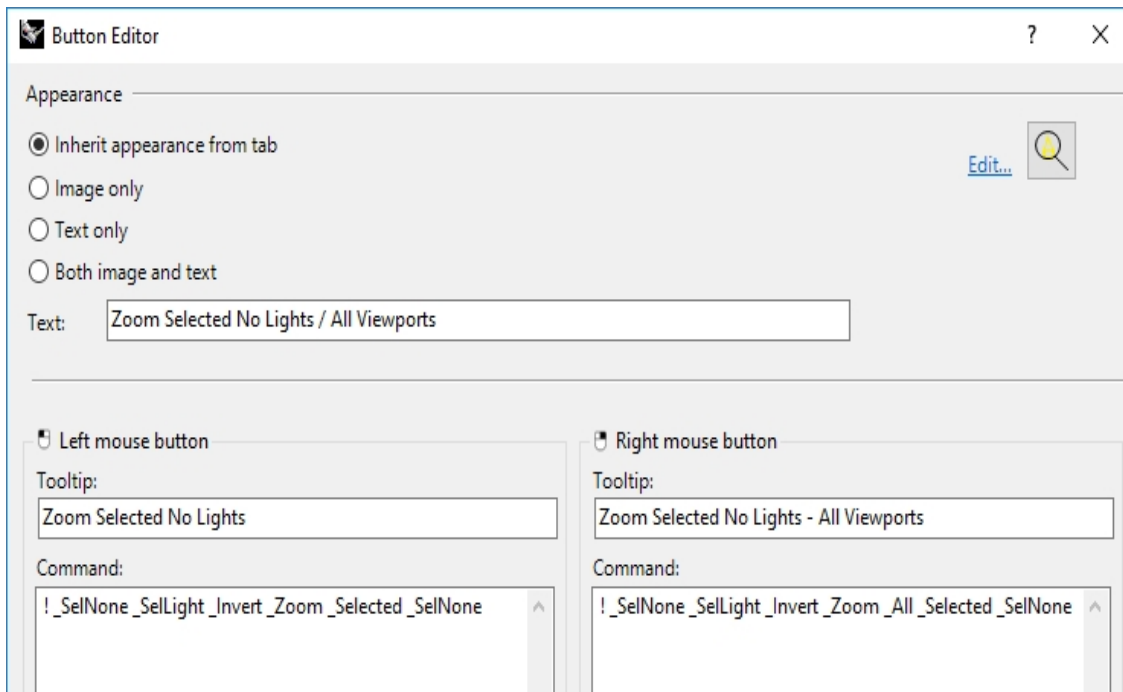
- ▶ Klicken Sie mit der **rechten Maustaste** auf die **Titelzeile** Ihrer neuen Werkzeugleiste. Daraufhin wird eine Popup-Liste mit Werkzeugleistenoptionen und Befehlen angezeigt.



### Anpassung der neuen Schaltfläche

1. Halten Sie die **Umschalttaste** gedrückt und klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Smiley-Schaltfläche in der neuen Werkzeugleiste.  
Im sich öffnenden Dialogfenster **Schaltflächeneditor** werden Ihnen die Einstellungsmöglichkeiten für die linke und rechte Maustaste sowie für die Tooltips angezeigt.
2. Klicken Sie im Dialogfenster **Schaltflächeneditor** auf **Nur Bild**.
3. Geben Sie im Feld **Text** die Beschreibung **Zoom ohne Lichter** ein.
4. Als **Tooltip für die linke Maustaste** geben Sie **Zoom Bildfüllend ohne Lichter** ein.
5. Als **Tooltip für die rechte Maustaste** geben Sie **Zoom Bildfüllend ohne Lichter in allen Ansichtsfenstern** ein.
6. Als **Befehl für die linke Maustaste** geben Sie **3905! \_SelNone \_SelLight \_Invert \_Zoom \_Selected \_SelNone**.
7. Geben Sie Folgendes als **Befehl für die rechte Maustaste** ein: **3909! \_SelNone \_SelLight \_Invert \_Zoom \_All \_Selected \_SelNone**.

**Hinweis:** Sie werden diese Makros in einem Materialien-Ordner der Stufe 2 in der Textdatei **Macros.txt** finden.

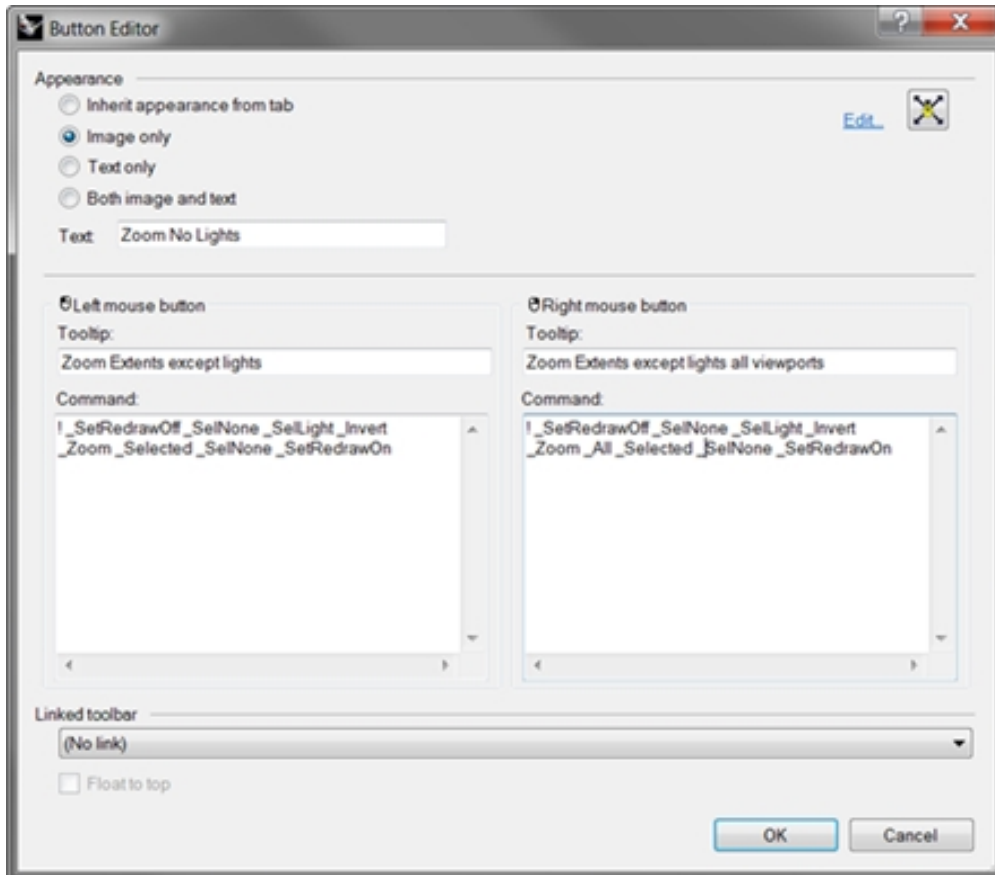


## Fehlersuche in der neuen Schaltfläche

Kombinieren Sie den oben genannten Makro mit **BildaufbauDeaktivieren/BildaufbauDeaktivieren**. Das wird dann ohne Flackern ausgeführt, und ohne dass zu viel unnötige Info in die Befehlschronik gelangt.

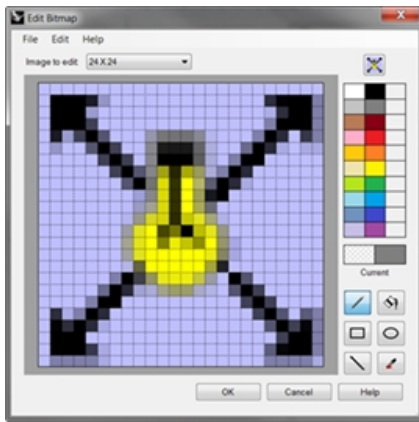
Ihr Makro wird funktionieren, unabhängig davon ob **BildaufbauDeaktivieren/BildaufbauDeaktivieren** hinzugefügt wird oder nicht. Jedenfalls ist dies eine gute Übung, um Ihr Makro auf elegantere Weise auszuführen.

1. Als **Befehl für die linke Maustaste** geben Sie  
**!\_SetRedrawOff\_SelNone\_SelLight\_Invert\_Zoom\_Selected\_SelNone\_SetRedrawOn**.
2. Geben Sie Folgendes als **Befehl für die rechte Maustaste** ein:  
**!\_SetRedrawOff\_SelNone\_SelLight\_Invert\_Zoom\_All\_Selected\_SelNone\_SetRedrawOn**.

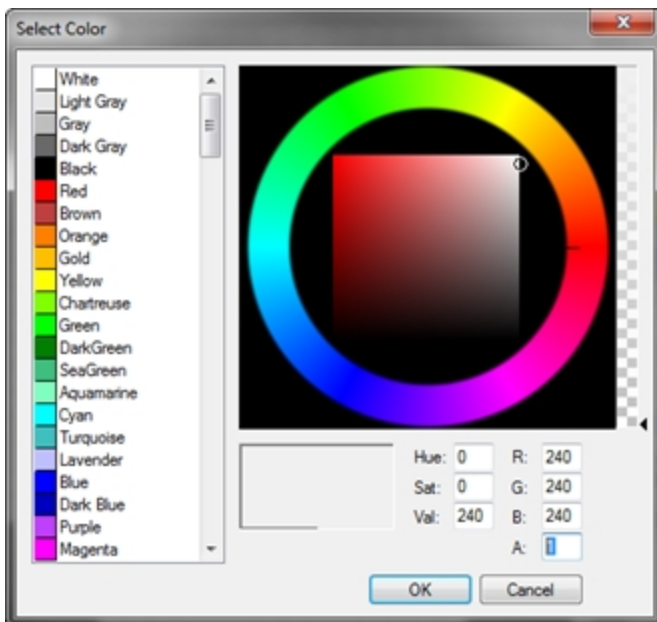


## Änderung des Bitmap-Bilds für die Schaltfläche

1. Klicken Sie im Dialogfenster **Schaltflächeneditor** in der rechten oberen Ecke neben dem Schaltflächenicon auf **Bearbeiten...**, um den **Bitmap-Editor** zu öffnen.  
Der Bitmap-Editor ist ein einfaches Malprogramm, mit dem Sie die Icon-Bitmap bearbeiten können. Enthalten sind eine Funktion zum Erfassen von Bildschirmteilen in Symbolgröße und eine Funktion zum Dateiimport.
2. Klicken Sie im Dialogfenster **Bitmap bearbeiten** im **Datei**-Menü auf **Bitmap zum Anpassen importieren** und wählen Sie die Datei **ZoomNoLights\_32.bmp**.  
Sie können jedes beliebige Bitmap-Bild importieren. Wenn die Bitmap zu groß ist, wird sie beim Import entsprechend skaliert.



3. Nehmen Sie im Dialogfenster **Bitmap bearbeiten** die gewünschten Änderungen am Bild vor und klicken Sie auf . Doppelklicken Sie auf die leeren Farbfelder rechts neben der Standardpalette, um den **Farbauswahldialog** aufzurufen.



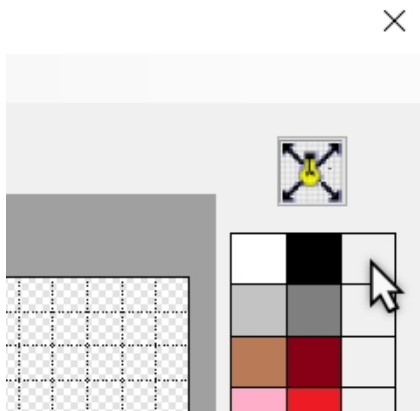
4. Im Dialogfenster **Farbe auswählen** klicken Sie auf .

#### Änderung des Bitmap-Bilds zur Verwendung eines Alpha-Kanals

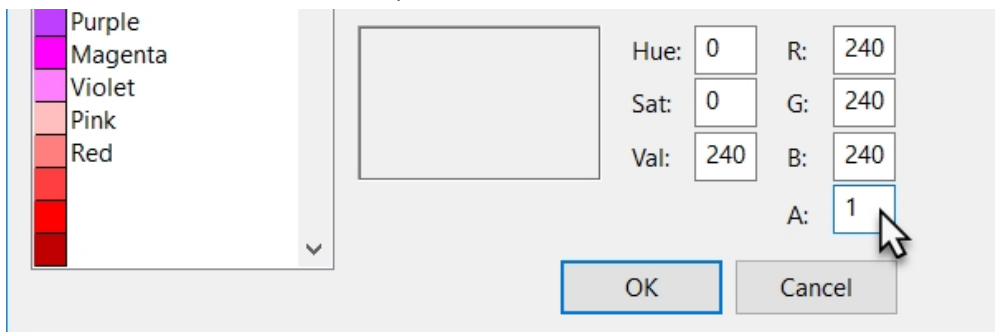
Beachten Sie, dass in diesem Fall die Hintergrundfarbe der neuen Schaltfläche nicht mit der Hintergrundfarbe der anderen Schaltflächen übereinstimmt. Wir werden den Bildhintergrund unter Verwendung eines Alpha-Kanals ändern, so dass er wie die anderen Schaltflächen mit der **Farbe der Windows-3D-Objekte** übereinstimmt.

1. Halten Sie die  gedrückt und klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Schaltfläche **ZoomOhneLichter**.
2. Klicken Sie im Dialogfenster des **Schaltflächeneditors** auf **Bearbeiten**, um den **Bitmap-Editor** zu öffnen.
3. Doppelklicken Sie auf das obere rechte Farbfeld rechts neben dem schwarzen Farbfeld.

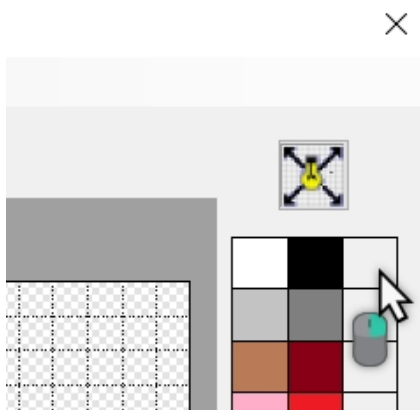




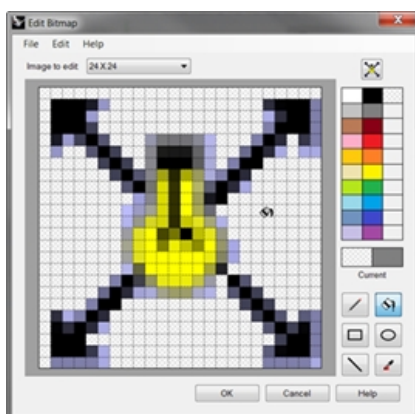
4. Ändern Sie den mit **A** angegebenen Alpha-Farbwert der Schaltfläche von 255 auf 1. Dadurch wird die aktuelle Farbe transparent.



5. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die neue Alpha-Farbe, um die Alpha-Farbe dem rechten Mausklick zuzuweisen.



6. Wechseln Sie zum **Füllwerkzeug** und klicken Sie dann mit der rechten Maustaste in den Hintergrundbereich des Schaltflächenbilds.



7. Im Dialogfenster **Bitmap bearbeiten** klicken Sie auf .
8. Klicken Sie im **Schaltflächeneditor** auf .  
Die Farbe wird an die Farbe von 3D-Objekten in Windows angepasst.

### Verwendung der neuen Schaltfläche

1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **ZoomOhneLichter**.
2. Verwenden Sie diese Schaltfläche, um Ihr Modell auf zwei Arten zu vergrößern/verkleinern.  
Beachten Sie, dass Zoom Bildfüllend die Lichter ignoriert.

### Regeln für Befehle in Schaltflächen

Befehle oder Befehlskombinationen können unter Beachtung folgender Regeln in die entsprechenden Felder eingegeben werden:

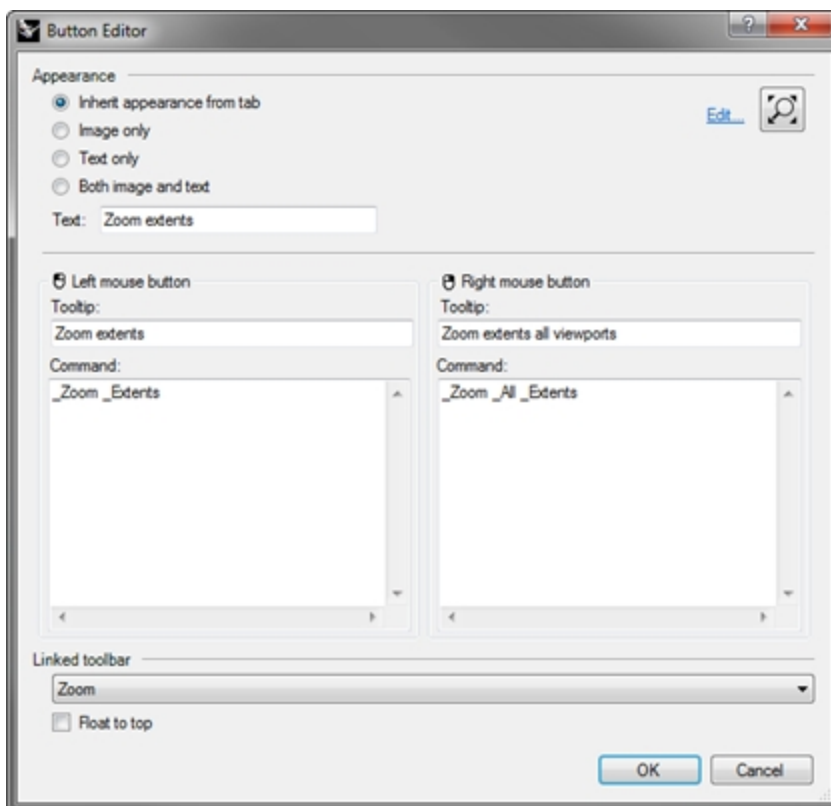
Element	Muster	Beschreibung
Leerabstand	!_Line	Von der Tastatur aus wird ein Leerabstand als <input type="button" value="Eingabetaste"/> interpretiert. In einzelnen Befehlen kommen daher keine Leerzeichen vor, die jedoch bei der Aneinanderreihung mehrerer Befehle gesetzt werden müssen.
" "		Bezieht sich Ihre Befehlskette auf eine Datei, Werkzeugleiste, Ebene, auf einen Objektnamen oder ein Verzeichnis, in deren Pfad Leerzeichen enthalten sind, müssen der Pfad, der Werkzeugleistename oder der Verzeichnisstandort in Anführungszeichen gesetzt werden.
! (Ausrufezeichen)	!_circle	Ein von einem Leerzeichen gefolgtes ! (Ausrufezeichen) wird als Abbruchanweisung interpretiert. Generell ist es ratsam einen Schaltflächenbefehl mit einem ! zu beginnen, um sicherzustellen, dass alle eventuell noch nicht vollständig abgeschlossenen Befehle vor Ausführung des neuen Befehls beendet werden.
' (Apostroph)		Befehle zur Ansichtsänderung wie Zoom o.ä. können mit anderen Befehlen gleichzeitig ausgeführt werden. So können Sie z. B. zoomen und schwenken, während Sie Kurven für ein Loft auswählen. Ein ' (Apostroph) vor dem Befehlsnamen gibt an, dass der folgende Befehl verschachtelt werden kann.
_ (underscore)		Ein _ (Unterstrich) ruft den Befehl in seiner englischen Version auf. Rhino kann für verschiedene Sprachen lokalisiert werden. Die nicht-englischen Versionen haben dementsprechend lokalisierte Befehle, Eingabeaufforderungen, Befehlsoptionen, Dialogfenster, Menüs, etc., die in die entsprechenden Sprachen übersetzt wurden. Englische Befehle werden in diesen Versionen nicht funktionieren. Damit Makros auf allen Computern weltweit funktionieren (ungeachtet der Rhino-Sprachversion), ist es notwendig, die Befehle grundsätzlich in der allen anderen Sprachversionen zugrunde liegenden englischen Version auszuführen, was durch den Einsatz des Unterstrichs erreicht wird.
- (Bindestrich)	_-_Sweep2	Befehle mit Dialogfenstern können in der Befehlszeile mit Befehlszeilenoptionen ausgeführt werden. Um das jeweilige Dialogfenster zeitweilig zu unterdrücken und die Befehlszeilenoptionen zu verwenden, kann dem Befehl ein Bindestrich (-) vorangestellt werden.
Pause		Durch Einfügen des Befehls <b>Pause</b> in das Makro werden Benutzereingaben und Bildschirmauswahl aktiviert. Bei Befehlen mit Dialogfenstern, wie z.B. Rotation, ist in kein Input aus Makros möglich. Verwenden Sie daher bei solchen Befehlen den Bindestrich (-Rotation), um das Dialogfenster zu unterdrücken und die Ausführung mit dem Makro zu steuern.

**Hinweis:** Diese Regeln gelten auch für Skripte, die mit dem Befehl **Befehlsdateilesen** ausgeführt werden und Text in die Befehlszeile einfügen. Mit dem Skript-Plug-in von Rhino ist komplexeres Scripting möglich, aber die grundlegenden Befehle und Makroregeln bieten bereits viele Möglichkeiten.

Einige der nützlichsten Befehle für Makros sind: **LetzteAuswahl**, **VorherigeAuswahl**, **NamenAuswählen**, **Gruppieren**, **GruppennamenDefinieren**, **GruppeAuswählen**, **Invertieren**, **AllesAuswählen**, **AuswahlAufheben**, **BefehlsdateiLesen** und **ArbeitsverzeichnisDefinieren**.

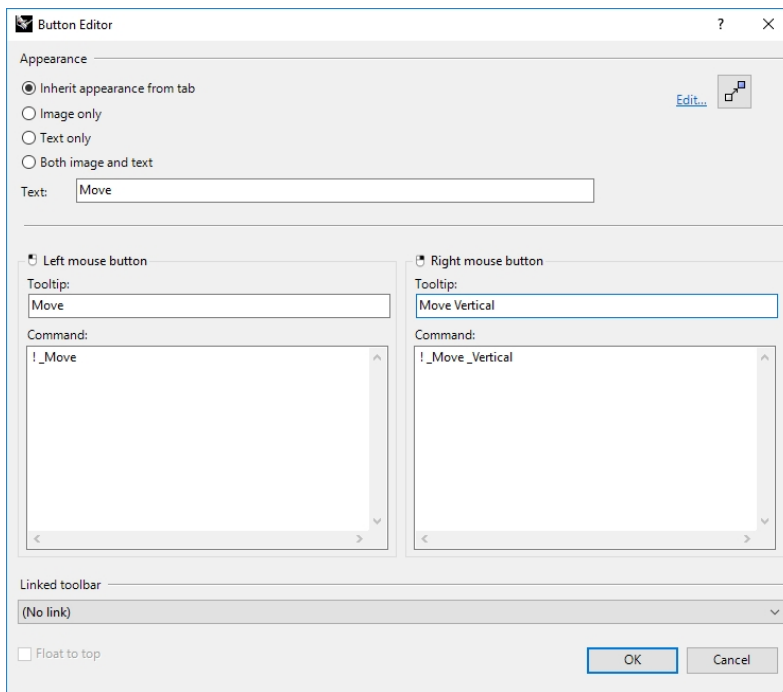
### Verknüpfung einer Werkzeugleiste mit einer Schaltfläche

1. Klicken Sie mit gedrückt gehaltener **Umschalttaste** mit der **rechten Maustaste** auf die Schaltfläche **Zoom bildfüllend** in der **Standardwerkzeugleiste**.
2. Klicken Sie im Dialogfenster **Schaltflächeneditor** auf den Bereich **Verknüpfte Werkzeugleiste**, wählen Sie aus der Liste den Eintrag **Zoom** aus und klicken Sie auf **OK**.  
Die Schaltfläche **Zoom Bildfüllend** verfügt nun über ein kleines schwarzes Dreieck in der unteren rechten Ecke, das anzeigt, dass eine Verknüpfung zu einer Werkzeugleiste besteht.
3. Klicken und halten sie die Schaltfläche **Zoom Bildfüllend** gedrückt, um die neu erzeugte Werkzeugleiste samt der Schaltfläche zu öffnen.  
Wenn Sie die eben erzeugte Werkzeugleiste **Zoom** schließen, können Sie sie über die verknüpfte Schaltfläche wieder öffnen.
4. Probieren Sie die neue Schaltfläche aus.



### Hinzufügen eines Befehls zu einer bestehenden Schaltfläche

1. Halten Sie die **Umschalttaste** gedrückt und klicken Sie mit der rechten Maustaste in der **Hauptwerkzeugleiste** auf die Schaltfläche **Verschieben**.
2. Geben Sie im Dialogfenster des **Schaltflächeneditors** folgenden **Befehl für die rechte Maustaste** ein:  
**!\_Move \_Vertical**

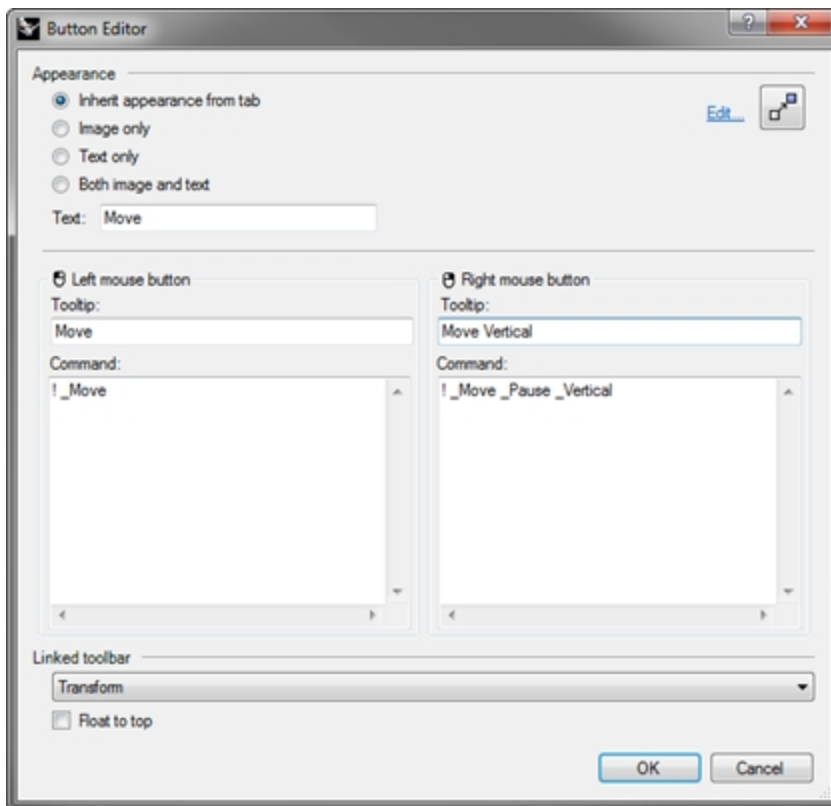


3. Im Dialogfenster des **Schaltflächeneditors** geben Sie **Vertikal verschieben** als **Tooltipp für die rechte Maustaste** ein.  
Mit dieser Schaltfläche können Sie Objekte vertikal zur aktuellen Konstruktionsebene verschieben. Wir werden diesen Befehl im Folgenden mehrmals verwenden.
4. Wählen Sie eines der Objekte im Modell aus und klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Schaltfläche **Verschieben**.
5. Verschieben Sie das ausgewählte Objekt vertikal zur Konstruktionsebene.
6. Versuchen Sie es erneut. Nehmen Sie jedoch keine Vorauswahl eines Objekts in Ihrem Modell vor.
7. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Schaltfläche **Verschieben**.
8. Der Befehl spiegelt dies in der Befehlszeile wieder:

```
Command: _Move
Select objects to move: _Vertical
Unknown command: _Vertical
Select objects to move:
```

Es sind keine Objekte ausgewählt, aber das Makro gibt "vertikal" bei der Eingabeaufforderung "Objekte auswählen" ein. Dies wird nicht funktionieren. Sie müssen den Befehl anhalten, damit Sie die Objekte auswählen können.

9. Im Dialogfenster des **Schaltflächeneditors**, im Bearbeitungsfeld für den **Befehl der rechten Maustaste**, aktualisieren Sie das Makro, um nach dem Befehl **Verschieben** und vor der Option Vertikal eine Pause einzufügen.  
**!\_Move\_Pause\_Vertical**
10. Testen Sie sowohl mit Vorauswahl als auch Objektauswahl im Befehl.



### Fügen Sie der Werkzeugleiste Eigenschaften eine neue Schaltfläche hinzu.

Als nächstes werden Sie eine neue Befehlsschaltfläche in der Werkzeugleiste **Eigenschaften** erstellen.

- Die linke Maustaste wird die Farbeigenschaft eines Objekts mit der Farbauswahl ändern.
- Die rechte Maustaste wird die Farbeigenschaft mit dem RGB-Wert ändern.

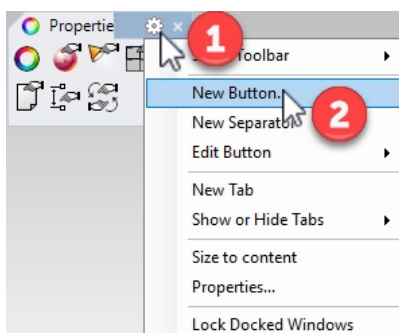
Bereiten Sie sich aufs Schreiben dieser Makros vor, indem Sie diejenigen Befehle in Rhino durchsehen welche dazu erforderlich sind, die Farbe eines Objekts mit der skriptfähigen Version des Befehls **Eigenschaften** zu ändern, - **Eigenschaften**.

Machen Sie sich in einer Textdatei Notizen und bereiten Sie eine Liste für die Makros benötigter Optionen vor.

1. In **Optionen**, Abschnitt **Werkzeugleisten**, wählen Sie die RUI-Datei Default aus und scrollen Sie im Feld unter Werkzeugleisten zu Eigenschaften. Klicken Sie in das Kontrollkästchen, um die Werkzeugleiste **Eigenschaften** zu öffnen.
2. Klicken Sie im Dialogfenster **Optionen** auf die Schaltfläche . Daraufhin erscheint die Werkzeugleiste **Eigenschaften**.

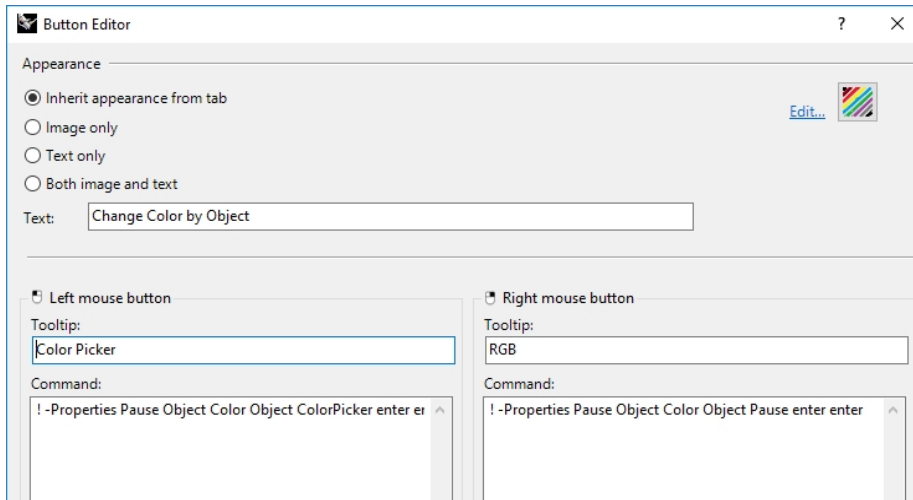


3. Klicken Sie in der Titelzeile der Werkzeugleiste **Eigenschaften** auf das Zahnradsymbol, und dann im Menü auf **Neue Schaltfläche**.

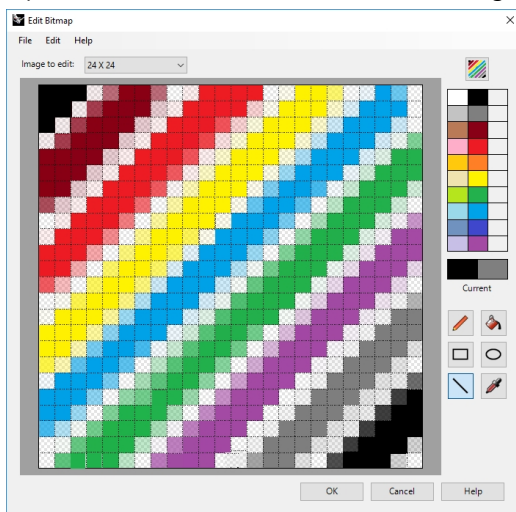


4. Geben Sie im Textfeld des **Schaltflächeneditors** folgendes ein: **Farbe nach Objekt ändern.**
5. Als **Tooltip für die linke Maustaste** geben Sie **Farbauswahl**, und als **Tooltip für die rechte Maustaste** geben Sie **RGB** ein.
6. Geben Sie folgendes als **Befehl für die linke Maustaste** ein:  
! -\_Properties \_Pause \_Object \_Color \_Object \_ColorPicker \_Enter \_Enter
7. Geben Sie als **Befehl für die rechte Maustaste** folgendes ein:  
! -\_Properties \_Pause \_Object \_Color \_Object \_Pause \_Enter \_Enter

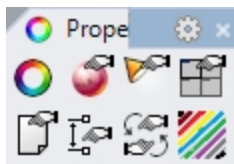
**Hinweis:** Sie werden diese Makros in einem Materialien-Ordner der Stufe 2 in der Textdatei **Macros.txt** finden.



8. Klicken Sie in der oberen rechten Ecke des **Schaltflächeneditors** auf **Bearbeiten**.
9. Verwenden Sie die Werkzeuge im Dialogfenster **Bitmap bearbeiten** zum Entwurf einer für diese Makros repräsentativen Schaltfläche. Hier ein Vorschlag:



10. Klicken Sie auf **OK** um das Dialogfenster **Bitmap bearbeiten** zu schließen, worauf sich Ihre Schaltfläche aktualisieren wird.



11. Testen Sie die Makros der Schaltflächen.

## Befehlsverweise

Die Befehle und Makros für Schaltflächen sind auch für Befehlsverweise verfügbar. Befehlsverweise sind so etwas wie eine Stenografie für Rhino. Es handelt sich dabei um Befehle und Makros, die aktiviert werden wenn Befehle erlaubt sind. Sie werden jedoch oft als Tastenkombinationen verwendet.

Befehlsverweise sind hilfreich für Befehlsketten, die Sie oft verwenden.

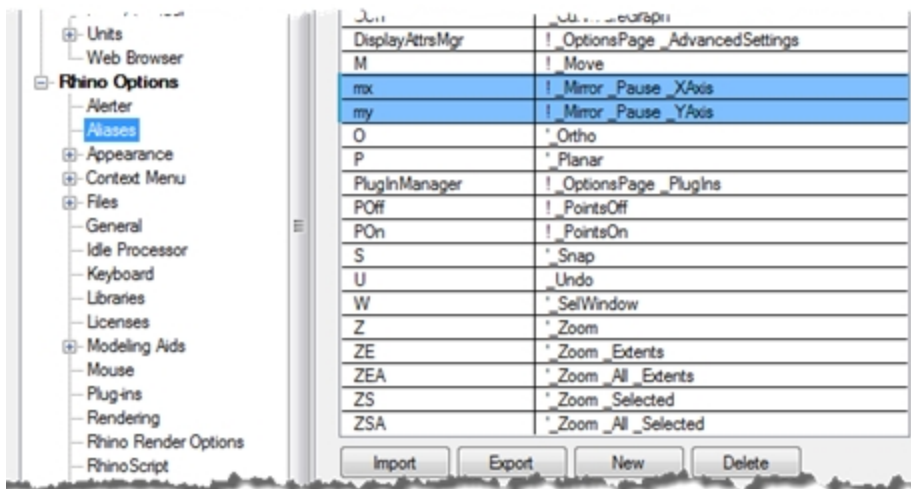
**Hinweis:** Es kann bei der Erstellung von Verweisen sinnvoll sein, nahe beieinander liegende Tasten oder dasselbe Zeichen wiederholt zu verwenden, um so die Eingabe zu vereinfachen.

Für die folgenden Abschnitte dieses Kapitels werden Sie im Ordner mit Ihren Materialien für Stufe 2 eine Textdatei namens **Macros.txt** finden. Falls für Ihre Makros eine Problembeseitigung notwendig ist, können Sie diese Datei öffnen und den Inhalt mit Ihren Einträgen vergleichen.

### Erstellung eines Befehlsverweises

1. **Öffnen** Sie das Modell **Verweise.3dm**.
2. Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf Optionen.
3. Im Dialogfenster **Rhino-Optionen** können Sie im Abschnitt **Verweise** neue Verweise und Befehlsketten oder Makros hinzufügen.
4. Klicken Sie auf **Neu**, um einen neuen Verweis zu erstellen.

Wir werden Verweise erstellen, um ausgewählte Objekte vertikal und horizontal über den Ursprung der aktiven Konstruktionsebene zu spiegeln. Diese sind nützlich, wenn Sie symmetrische, im Ursprung zentrierte Objekte erstellen.



5. Geben Sie in der Spalte **Verweis** den Wert **mx** ein.
6. Für die Spalte **Befehlsmakro** setzen Sie den Wert **! \_Mirror\_Pause\_XAxis**  
Der Verweis befindet sich in der linken Spalte und die Befehlskette oder Makro in der rechten Spalte. Es gelten die gleichen Regeln wie für die Schaltflächen.  
Verweise können innerhalb anderer Verweise- oder Schaltflächen-Makros verwendet werden.
7. Zur Erstellung eines weiteren Befehlsverweises klicken Sie auf die Schaltfläche **Neu**.
8. Geben Sie in der Spalte **Verweis** den Wert **my** ein.
9. Für die Spalte **Befehlsmakro** setzen Sie den Wert **! \_Mirror\_Pause\_YAxis**

### Ausprobieren der neuen Befehlsverweise

- ▶ Wählen Sie eine Geometrie, geben Sie **mx** oder **my** ein und drücken Sie die **Eingabetaste**.  
Wenn vorher keine Objekte ausgewählt werden, fordert Sie die Pause im Skript auf, dies zu tun; drücken Sie daraufhin **Eingabe** um den Auswahlssatz zu vervollständigen.

## Makroeditor

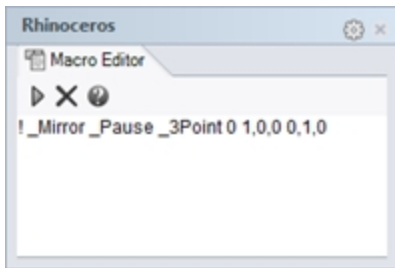
Zum Erzeugen komplizierterer Makros ist der in Rhinos installierte Makroeditor empfehlenswert. In diesem können Makros bearbeitet und ausgeführt werden. Sie haben damit die Möglichkeit schnell zu testen, ob Befehloptionen und Syntax korrekt sind.


Das folgende Beispiel zeigt ein Spiegelmakro, mit dem Sie über die Konstruktionsebene spiegeln können. Wir werden

den **Makroeditor** zum Erstellen und Testen des Makros verwenden, bevor wir es der Verweisliste hinzufügen.

### Verwendung des Makroeditors

1. Wählen Sie im Menü **Werkzeuge** den Eintrag **Befehle** und klicken Sie dann auf **Makroeditor**.
2. Geben Sie Folgendes im **Makroeditor** ein:  
**!\_Mirror\_Pause\_3Point 0 1,0,0 0,1,0.**



3. Klicken Sie zum Testen des **Makros** auf die Schaltfläche **Starten**. 
4. Wenn das Makro wie gewünscht ausgeführt wird, wählen Sie den Text aus und kopieren Sie ihn in die Zwischenablage.
5. Öffnen Sie im Dialogfenster **Optionen** den Abschnitt **Verweis** und erstellen Sie den neuen Verweis **mc**.
6. Fügen Sie den Text aus dem **Makroeditor** in die Befehlsspalte des **Verweises** ein.
7. Wählen Sie eine Geometrie aus und testen Sie den neuen Verweis.
8. Geben Sie **mc** ein und drücken Sie die Eingabetaste.

### Rhino-Optionen exportieren und importieren

In einigen Fällen kann es hilfreich sein, alle oder einige der Optionen von einem Computer auf einen anderen zu übertragen. Zum Beispiel, wenn Sie einen Laptop und einen Desktop-Computer besitzen. Insbesondere gilt dies für Verweise, Tastenkombinationen und Anzeigemodi. Rhino stellt Ihnen dafür Befehle bereit, mit denen Sie Optionen in eine Datei exportieren bzw. aus einer Datei importieren können.

#### Optionen exportieren

1. Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **Optionen exportieren**.
2. Geben Sie im Dialogfenster **Speichern unter** als **Dateinamen** die Beschreibung **Level2\_Options** ein.  
Die aktuellen Optionen werden in eine Datei gespeichert.

#### Optionen importieren

1. **Löschen** Sie einen der bereits erstellten Verweise.
2. Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **Optionen importieren**.
3. Wählen Sie im Dialogfenster **Optionen importieren** die eben gespeicherte Datei aus.
4. Als **Optionen zum Importieren** wählen Sie **Verweise**, **Erscheinung** oder eine beliebige andere Option, die Sie importieren möchten.
5. Überprüfen Sie, ob der gelöschte Verweis wieder hergestellt wurde.

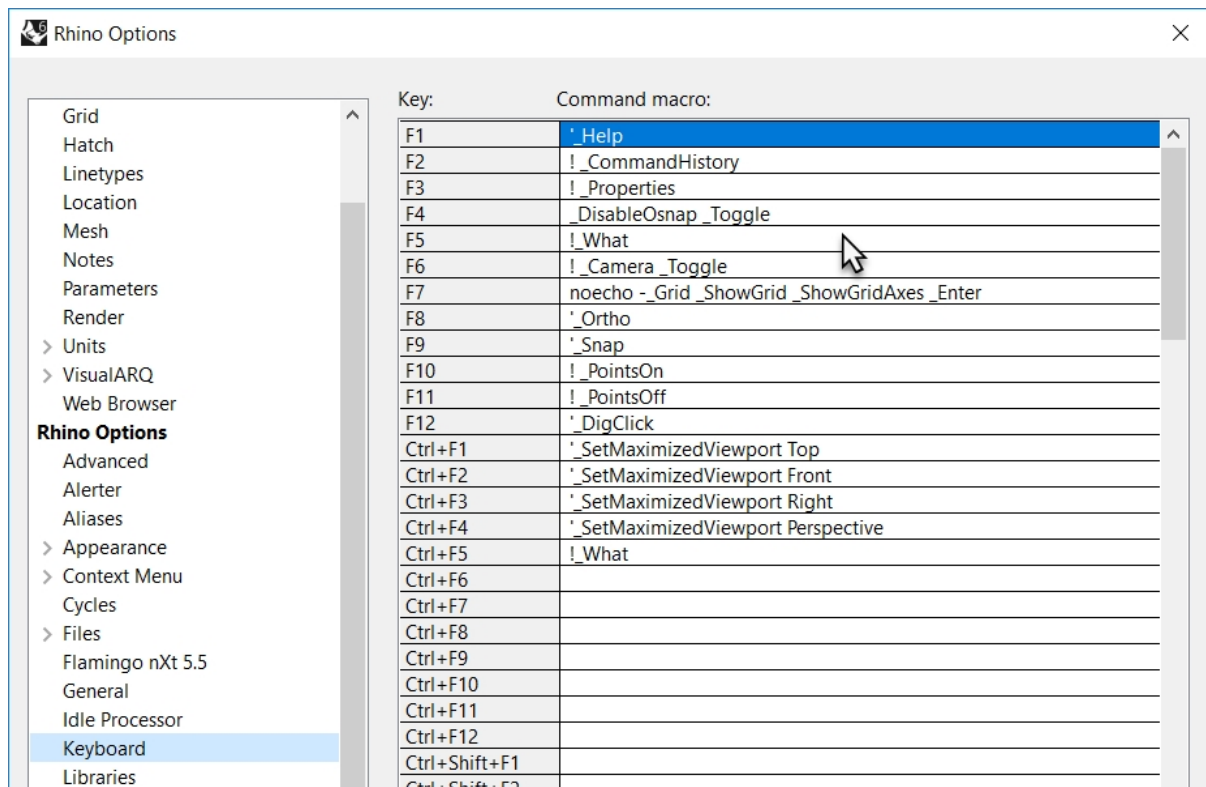
### Tastenkombinationen

Die gleichen Befehle, Befehlsfolgen und Makros, die Sie für Schaltflächen verwenden, sind auch für Tastenkombinationen verfügbar. So können durch eine Kombination aus Funktionstasten, **Strg**, **Alt** und alphanumerischen Tasten bestimmte, festgelegte Befehle und Makros ausgeführt werden.

#### Erstellung einer Tastenkombination

1. Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **Optionen**.
2. Befehlsfolgen oder Makros können in den **Rhino-Optionen** im Abschnitt **Tastatur** hinzugefügt werden.
3. Um eine neue Tastenkombination zu erstellen, klicken Sie in die Spalte **Befehlsmakro** neben **F4**.
4. Für die Tastenkombination geben Sie **\_DisableOsnap\_Toggle** ein.  
Diese Tastenkombination vereinfacht das Aktivieren/Deaktivieren von Objektfängen.
5. Um eine neue Tastenkombination für den Befehl **Objektinfo** zu erstellen, klicken Sie in die Spalte **Befehlsmakro** neben **F5**.





- Für die Tastenkombination geben Sie den Befehl **ObjektInfo** ein.
- Wählen Sie **OK** um das Dialogfenster zu schließen. Überprüfen Sie die Tasten **F4** und **F5**.  
Um den Befehl **Objektinfo** zu testen, nehmen Sie eine Vorauswahl eines Objekts in Ihrem Rhino-Modell vor. Drücken Sie die **F5**-Taste auf Ihrer Tastatur. Daraufhin sollte der **ObjektInfo**-Dialog erscheinen.

Einigen Befehlen wurden bereits Tastenkombinationen zugeordnet.

Tastenkombinationen verwenden die gleichen Makros wie mit Schaltflächen und Verweisen.

## Plug-ins

Plug-ins sind Programme, die die Funktionalität von Rhino erweitern.

Dazu zählen:

### Enthaltene Plug-ins

Mit Rhino mitgeliefert und mitinstalliert. Einige dieser Plug-ins werden automatisch geladen. Dazu gehören z.B. der Rhino Render, das Render Development Kit, die Rhino-Werkzeugleisten und -Menüs, BoxEdit etc. Andere werden installiert, aber nicht geladen. Die meisten dieser Plug-ins dienen dem Import/Export. Sie sind in der Regel aktiviert und werden geladen, wenn sie das erste Mal verwendet werden.

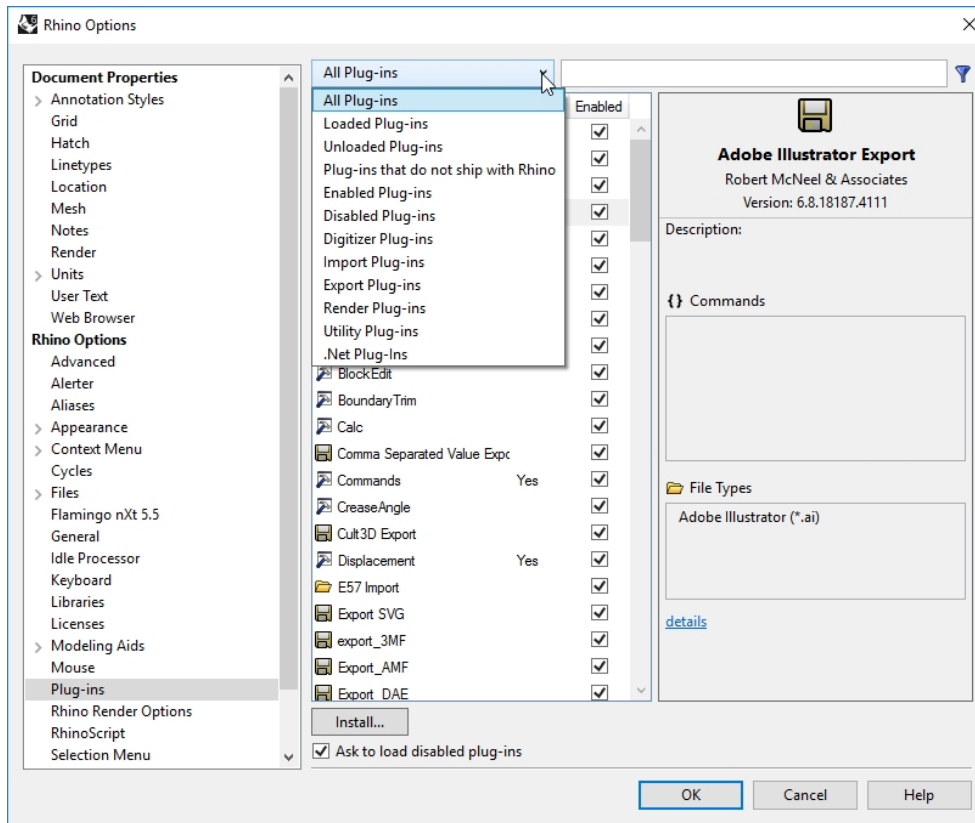
### McNeel-Plug-ins

Flamingo nXt, Penguin, Brazil (Rendering) und Bongo (Animation) sind käuflich erwerbbar Produkte von McNeel.

### Plug-ins von Drittentwicklern

Dabei handelt es sich um Programme und Utilities, die von Drittentwicklern entwickelt und angeboten werden. Einige sind gratis, die meisten jedoch käuflich zu erwerben. Manche sind eigenständige Anwendungen, die mit Rhino funktionieren, aber keine Plug-ins sind.

Im Allgemeinen fügen Sie Rhino spezielle Fähigkeiten hinzu. RhinoCam ist beispielsweise eine CAM-Anwendung, V-Ray eine Renderanwendung, RhinoGold eine Schmuckdesign-Software, VisualARQ dient zur Erzeugung von Architekturmodellen etc. Sie wurden durchweg von industriespezifischen Experten entwickelt. Weitere Infos zu diesen Programmen finden Sie in auf der Website [Food4Rhino](http://Food4Rhino.com).



### Laden eines Plug-ins

Im folgenden Beispiel installieren und verwenden wir ein Plug-in von der Website der Rhino 5.0 Labs.

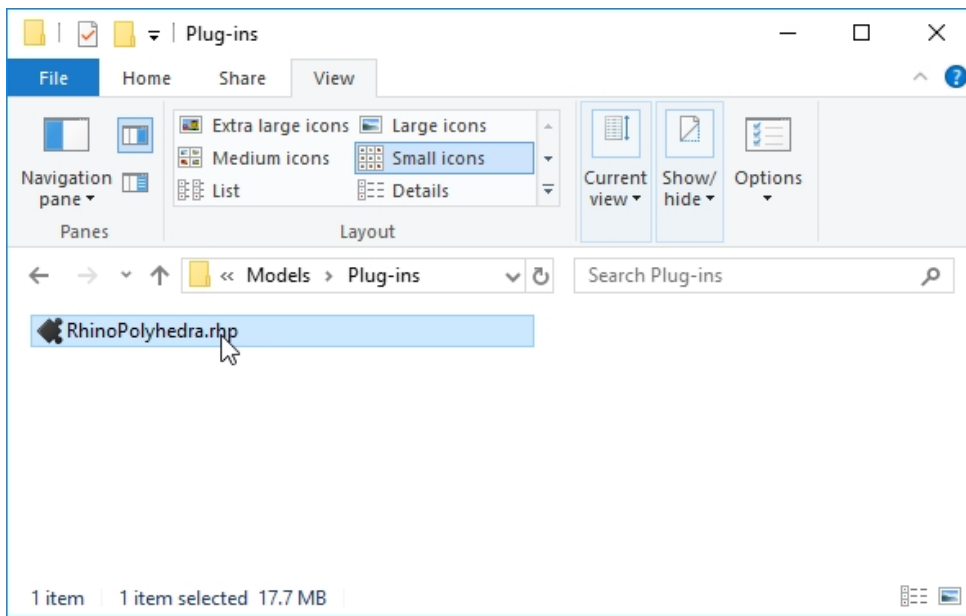
1. Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **Optionen**.
2. Klicken Sie auf **Plug-ins**.  
Daraufhin wird Ihnen eine Liste von geladenen und erhältlichen Plug-ins angezeigt.
3. Klicken Sie bei den **Plug-ins** auf **Installieren**.
4. Im Dialogfenster **Plug-In laden** gehen Sie in den Ordner **Level 2/Models/Plug-ins** und dort auf **rhinopolyhedra.rhp**.

**Hinweis:** Mit einem Konto bei [Food4Rhino](#) können Sie auch das Plug-in [Rhinopolyhedra.rhi](#) herunterladen. Das rhi ist eine rhino-Installationsdatei, die mittels Doppelklick außerhalb von Rhino installiert werden muß.

### Ein Plug-in durch Drag & Drop laden

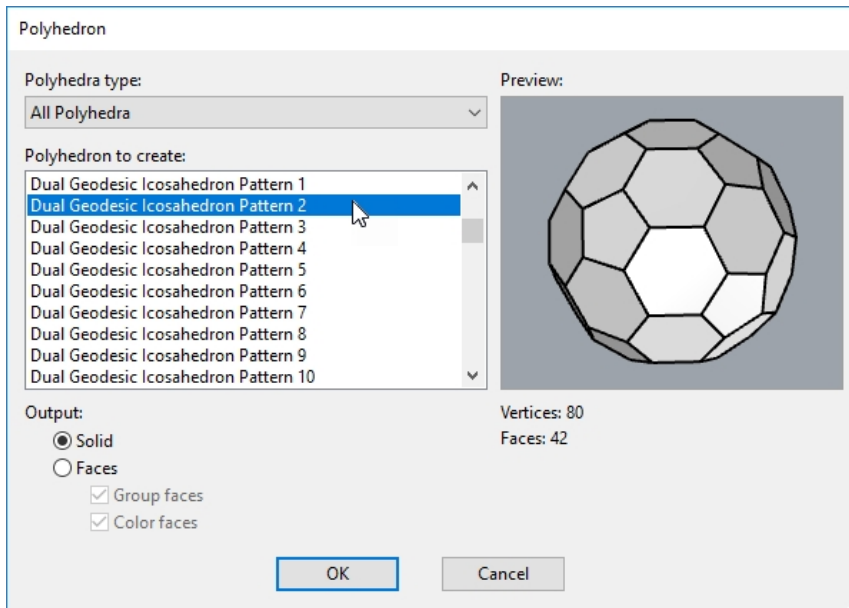
Für den ersten Ladevorgang können Sie auch **rhinopolyhedra.rhp** per Drag und Drop aus dem Datei-Explorer holen. Dies funktioniert jedoch nur, wenn Sie keine frühere Version von **Rhinopolyhedra** haben.

1. Öffnen Sie den **Windows Explorer**.
2. Navigieren Sie zum Ordner **Level 2/Models/Plug-ins** oder sonst einem Ordner, in dem sich ein zu installierendes **.rhp**-Plug-in befindet.
3. Klicken Sie auf die Plug-in-Datei **rhinopolyhedra.rhp** und halten Sie die Maustaste gedrückt, dann ziehen Sie sie in das offene Rhino-Anwendungsfenster, um sie dort abzulegen.

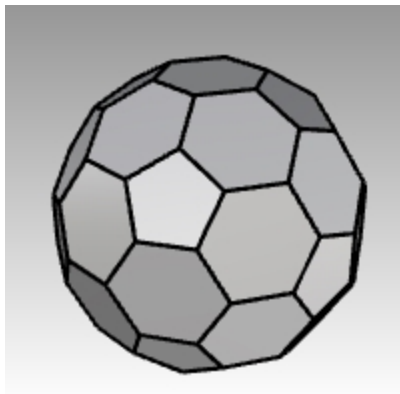


## Führen Sie den Befehl aus

1. Geben Sie zum Ausführen des Befehls in Rhino **Polyhedron** in der Befehlszeile ein.
2. Wählen Sie im Dialogfenster **Polyhedron** einen der Polyeder aus der Liste aus, wie z.B. **Dual Geodesic Icosahedron Pattern 2**.



3. Klicken Sie auf einen Mittelpunkt und einen Radiuspunkt, um das Polyeder zu vervollständigen.



## Skripting

Rhinceros unterstützt Skripting mittels **RhinoScript** und **Rhino.Python**.

Um in Rhino Skripte zu erstellen, müssen Sie zumindest ein wenig programmieren können. Glücklicherweise ist Skripting leicht erlernbar. Auch gibt es allerlei Material, das Ihnen den Anfang erleichtern wird.

Weitere Informationen finden Sie in der [Developer Wiki](#).

Zudem wird Rhino mit einer Hilfe für beide Skriptwerkzeuge installiert. Siehe die Befehle **EditScript** und **EditPythonScript** für nähere Einzelheiten.

In diesem Kurs werden wir nicht das Schreiben von Skripten zeigen, aber wir werden lernen, ein Skript zu starten und mit einer Schaltfläche zu verknüpfen.

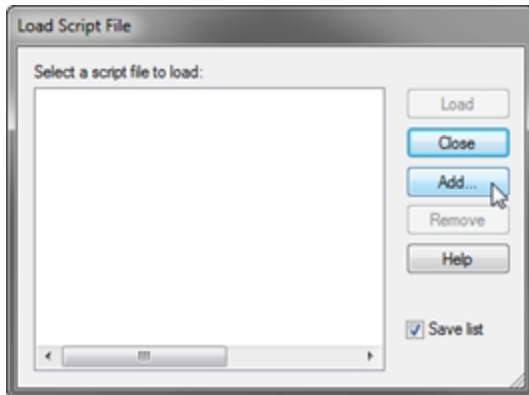
Das folgende Skript listet Informationen zum aktuellen Modell auf.

### Ein RhinoScript laden

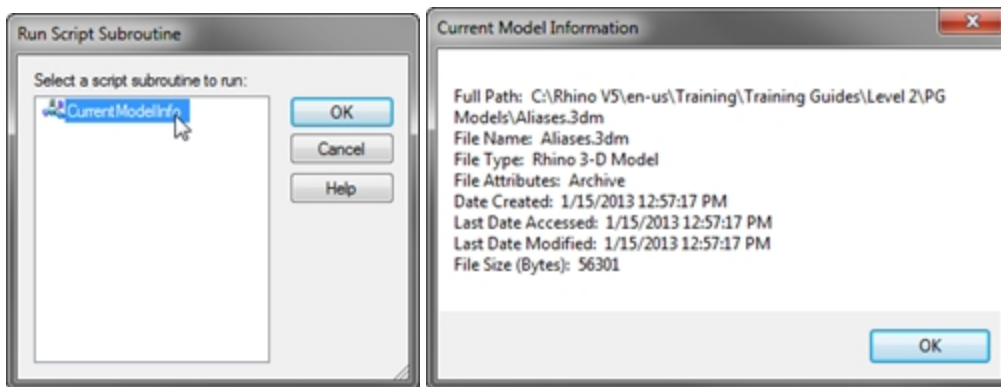
1. Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **RhinoScript** und dann auf **Laden**.
2. Klicken Sie im Dialogfenster **Skriptdatei laden** auf **Hinzufügen**.
3. Wählen Sie im Dialogfenster **Öffnen** die Datei **CurrentModellInfo.rvb** und klicken Sie auf **Öffnen**.  
**Hinweis:** Sie erhalten möglicherweise die folgende Fehlermeldung: "Skriptdatei CurrentModellInfo.rvb kann nicht gefunden werden."  
 In diesem Fall müssen Sie den vollständigen Pfad zum Ordner angeben, in dem sich die Skriptdatei befindet, oder

im Bereich **Datei** in den **Rhino-Optionen** einen Suchpfad hinzufügen.

- Wählen Sie im Dialogfenster **Skriptdatei laden** Sie Datei **CurrentModellInfo.rvb** und klicken Sie auf **Laden**.



- Speichern** Sie das aktuelle Modell.  
Wenn Sie keine gespeicherte Version des Modells haben, sind keine Informationen verfügbar.
- Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **RhinoScript** und dann auf **Ausführen**.
- Klicken Sie im Dialogfenster **Skript-Teilprogramm starten** auf **CurrentModellInfo** und anschließend auf **OK**.  
Es wird ein Dialogfenster mit den aktuellen Informationen zu diesem Modell angezeigt.

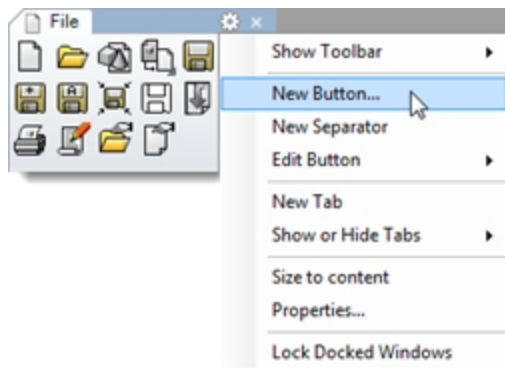


### Bearbeitung der Skriptdatei

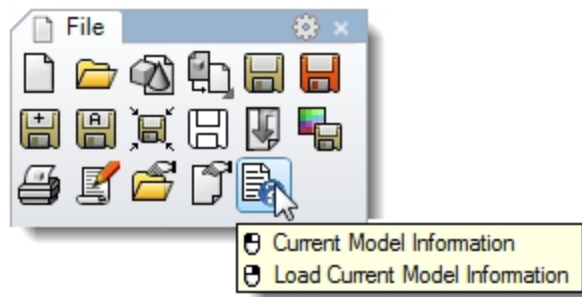
- Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **RhinoScript** und anschließend auf **Bearbeiten**.
- Klicken Sie im **RhinoScript-Editor** im Menü **Datei** auf **Öffnen**.
- Wählen Sie im Dialogfenster **Öffnen** die Datei **CurrentModellInfo.rvb** und klicken Sie auf **Öffnen**.  
Wir werden in diesem Kurs keine Skriptdateien bearbeiten. Sie lernen lediglich, wie Sie die Bearbeitungsfunktion falls nötig aufrufen können.
- Schließen Sie das Fenster des **RhinoScript**-Editors wieder.

### Eine Schaltfläche zum Laden oder Ausführen eines Skripts erstellen

- Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **Werkzeuggesteuerkonfiguration**.
- Aktivieren Sie im Dialogfenster **Werkzeuggesteuer** die Werkzeuggesteue **Datei** und schließen Sie dann das Dialogfenster.
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Titelzeile der Werkzeuggesteue **Datei**.
- Im daraufhin erscheinenden Pop-up-Menü klicken Sie auf die Option **Neue Schaltfläche**.
- Im Dialogfenster des **Schaltflächeneditors** geben Sie **Aktuelle Modellinformationen** als **Tooltip für die linke Maustaste** ein.
- Als **Tooltip für die rechte Maustaste** geben Sie **Aktuelle Modellinformationen laden** ein.



7. Geben Sie im Feld **Text** die Beschreibung **Modellinfo** ein.
8. Als **Befehl für die linke Maustaste** geben Sie  
**! -\_RunScript (CurrentModellInfo) ein.**
9. Geben Sie Folgendes als **Befehl für die rechte Maustaste** ein:  
**! -\_LoadScript "CurrentModellInfo.rvb" ein.**



### Eine benutzerdefinierte Bitmap hinzufügen

1. Klicken Sie im Dialogfenster des **Schaltflächeneditors** auf **Bearbeiten**.
2. Im Dialogfenster **Bitmap bearbeiten**, im Menü **Datei**, klicken sie auf **Bitmap importieren**.
3. Wählen Sie die Datei **CurrentModellInfo.bmp** und klicken Sie auf **Öffnen**.
4. Klicken Sie im **Schaltflächeneditor** auf **OK**.
5. Probieren Sie die neue Schaltfläche aus.

## Vorlagedateien

Eine Vorlage ist eine Rhino-Modelldatei, die Sie zur Speicherung grundlegender Einstellungen verwenden können. Vorlagen enthalten alle Informationen, die Rhino in einer 3DM-Datei speichert: Objekte, Blöcke, Layouts, Rastereinstellungen, Ansichtsfenstereinstellung, Ebenen, Einheiten, Toleranzen, Rendereinstellungen, Bemaßungseinstellungen, Anmerkungen und alle anderen Dokumenteinstellungen

Sie können die von Rhino gelieferten Standardvorlagen verwenden oder Ihre eigenen Vorlagen für weitere Modelle speichern. In der Regel benötigen Sie Vorlagen mit bestimmten Eigenschaften, die für spezielle Modellkonstruktionen von Vorteil sind.

Die Standardvorlagen in Rhino bieten verschiedene Ansichtsfenster- oder Einheiteneinstellungen sowie Standardeinstellungen für alles andere, verfügen jedoch über keine Geometrie. Verschiedene Projekte erfordern eventuell Änderungen an den Einstellungen. Sie können Vorlagen mit den unterschiedlichsten Merkmalen erstellen, die in einer Modelldatei gespeichert werden können: dazu gehören beispielsweise das Rendernetz, die Winkeltoleranz, benannte Ebenen, Lichter sowie standardmäßige vorkonstruierte Geometrie oder Standardanmerkungen.

Anmerkungen in der Vorlage werden im Dialogfenster **Vorlagedatei öffnen** angezeigt.

Mit dem Befehl **Neu** erstellen Sie ein neues Modell unter Verwendung einer Vorlage (optional). Wenn Sie keine andere Vorlage angeben oder eine Rhino-Modelldatei öffnen, wird die Standardvorlage verwendet.

Um die Vorlage zu ändern, die beim Starten von Rhino standardmäßig geöffnet wird, wählen Sie **Neu** aus und dann die Vorlagedatei, die beim Starten von Rhino geöffnet werden soll. Dann aktivieren Sie das Kästchen **Diese Datei beim Programmstart von Rhino verwenden**.

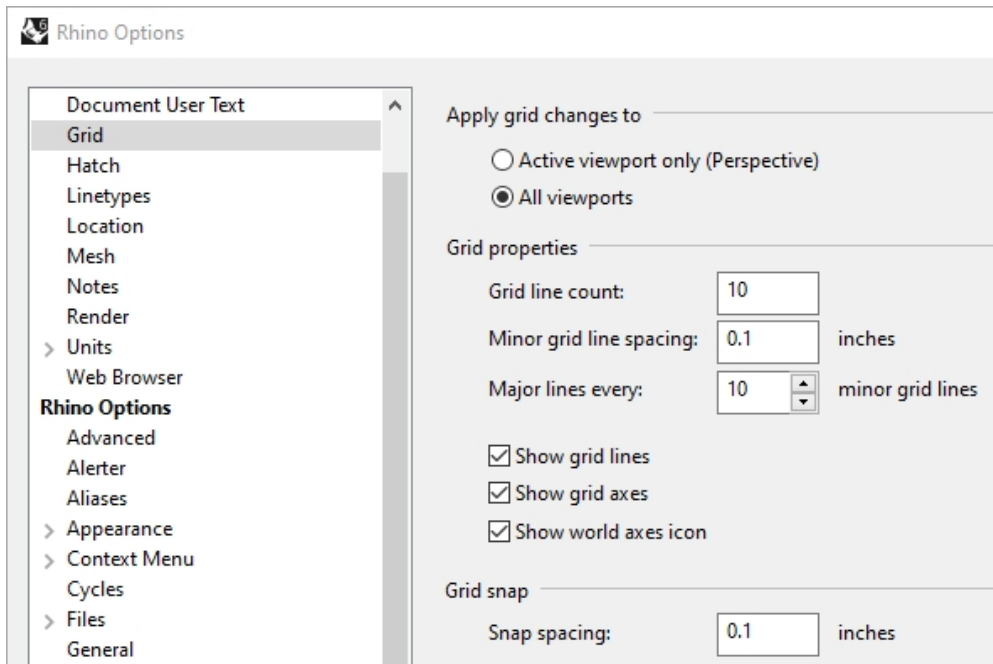
### Übung 3-2 Erstellung einer Vorlage

1. Starten Sie ein neues Modell.

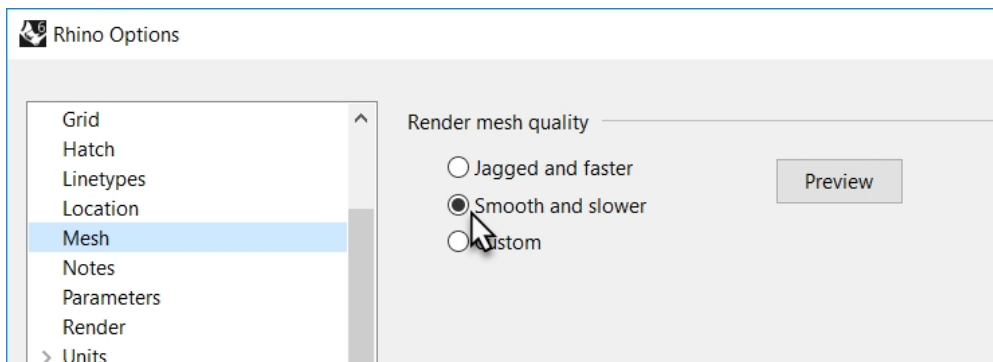
2. Wählen Sie **Kleine Objekte - Zoll.3dm** als Vorlage aus.
3. Klicken Sie im Menü **Rendern** auf **Aktueller Renderer** und anschließend auf **Rhino-Renderer**.

### Einstellung der Dokumenteigenschaften

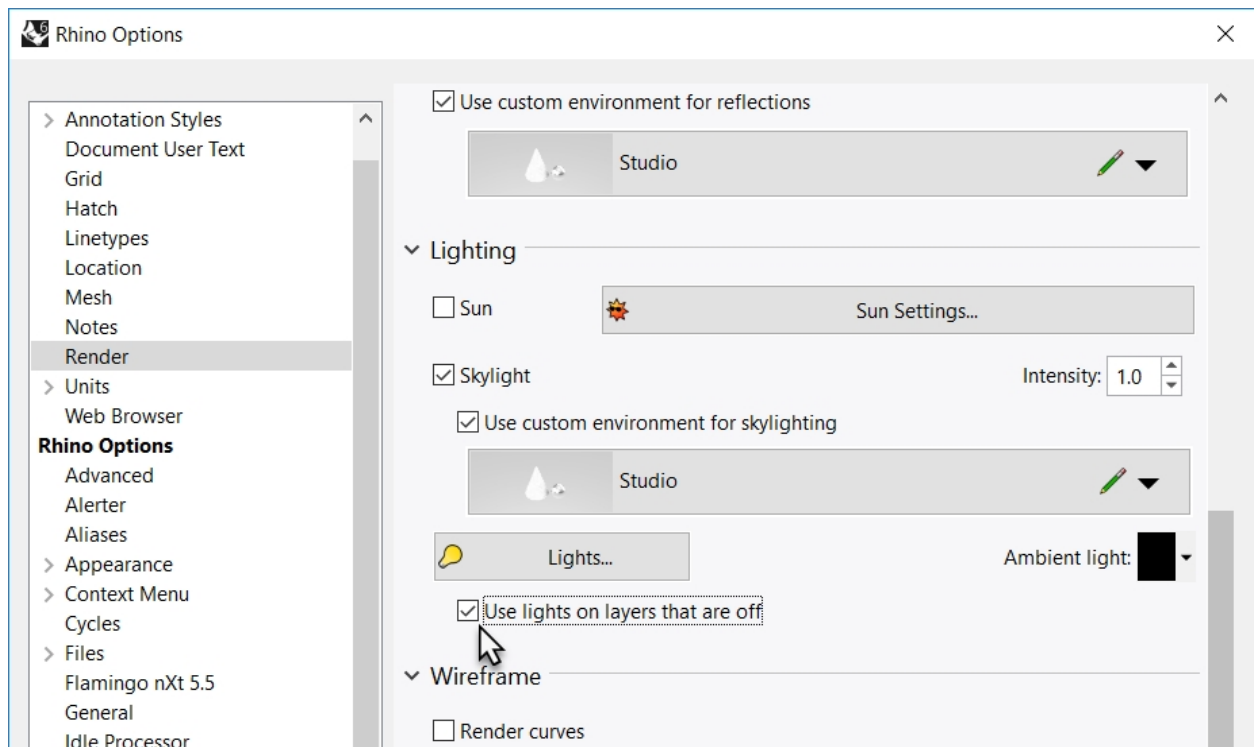
1. Klicken Sie im Menü **Datei** auf **Eigenschaften**.
2. Nehmen Sie im Dialogfenster **Dokumenteigenschaften** auf der Seite **Raster** folgende Einstellungen vor:  
**Rasterlinienzahl** auf **10**  
**Abstand der Nebenrasterlinien** auf **0.1** Zoll  
**Hauptrasterlinien** alle auf **10** Nebenrasterlinien  
**Fangabstand** auf **0.1**.



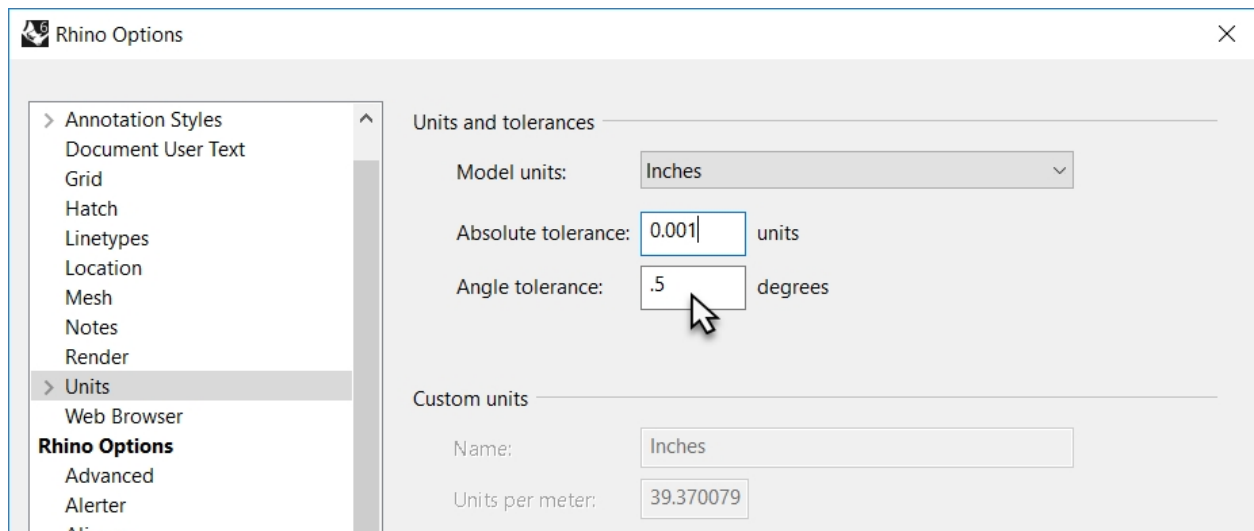
3. Ändern Sie die Einstellung im Abschnitt **Polygonnetz** auf **Glatt und langsamer**.



4. Auf der Seite **Rendern** scrollen Sie nach unten bis zum Abschnitt **Beleuchtung**. Wählen Sie **Lichter auf deaktivierten Ebenen verwenden** an.



5. Ändern Sie im Abschnitt **Einheiten** die **Winkeltoleranz** auf **0.5** und bestätigen Sie mit **OK**.  
Durch diese Einstellung werden die Endtangennormalen gesetzt.



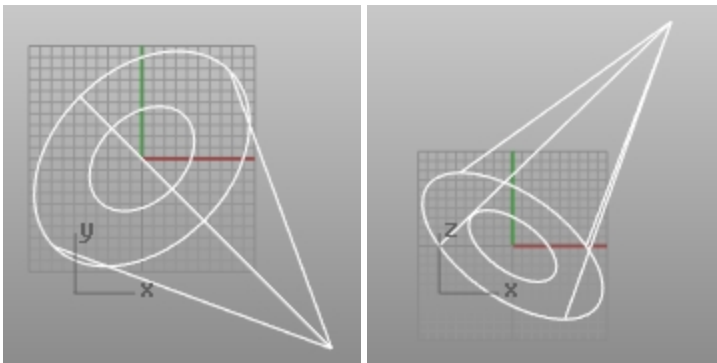
### Die Ebenen konfigurieren

- Öffnen Sie das **Ebenen**-Panel. Nehmen Sie folgende Änderungen vor:  
Benennen Sie **Ebene 05** in **Spotlichter** um  
Benennen Sie **Ebene 04** in **Kurven** um  
Benennen Sie **Ebene 03** in **Flächen** um  
Benennen Sie **Standard** in **Referenz** um.
- Wählen Sie die **Spotlichter** als aktuelle Ebene aus.
- Löschen Sie die nicht benutzten Ebenen: **Ebene 01** und **Ebene 02**.



Name	Current	On	Lock	Color	Material	Linetype	Print Color	Print Width
Reference						Continuous		Default
Surfaces						Continuous		Default
Curves						Continuous		Default
<b>Spotlights</b>	<input checked="" type="checkbox"/>					<b>Continuous</b>		<b>Default</b>

- Platzieren Sie ein auf den Nullpunkt gerichtetes Spotlicht, das etwa 45 Grad gegen die **Draufsicht** und 45 Grad gegen die **Frontansicht** geneigt ist.
- Verwenden Sie den Verweis **my** zur Spiegelung und Duplizierung des Lichtkegels.
- Um **Kurven** als einzige Ebene anzuzeigen, wählen Sie im Menü **Bearbeiten** den Eintrag **Ebenen** und klicken Sie auf **Eine Ebene ein**.
- Wählen Sie die Ebene **Kurven** aus.

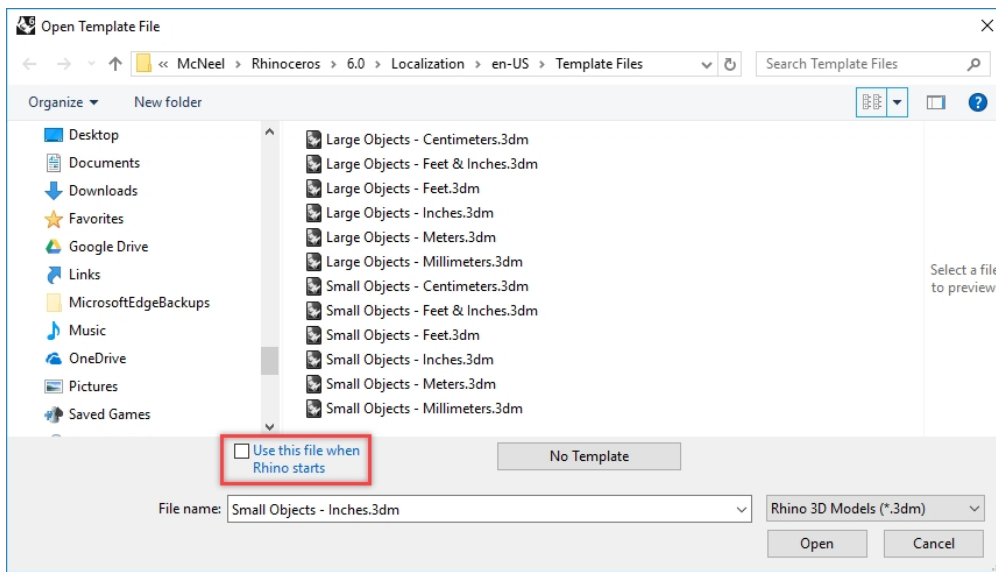


#### Fügen Sie Ihrer Vorlage Anmerkungen hinzu

- Klicken Sie im Menü **Panels** auf **Bemerkungen**.
- Geben Sie alle Details zu dieser Vorlage und allgemeine **Anmerkungen** ein.
- Klicken Sie im Menü **Datei** auf **Als Vorlage speichern**.
- Speichern Sie die Vorlage als **Kleine Objekte – Dezimal Zoll - 0.001.3dm** ab .  
Diese Datei mit all ihren Einstellungen ist nun beim Anlegen eines neuen Modells verfügbar.

#### Erstellung einer Standardvorlage

- Klicken Sie im Menü **Datei** auf **Neu**.
- Wählen Sie die Vorlage aus, die Sie als Standardvorlage verwenden möchten.
- Markieren Sie im Dialogfenster **Vorlagedatei öffnen** das Kontrollkästchen **Diese Datei beim Programmstart von Rhino verwenden**.  
Durch das Anlegen verschiedener benutzerdefinierter Vorlagen für wiederkehrende Modellierungsaufgaben können Sie viel Zeit sparen.



# Kapitel 4 - NURBS-Topologie

Die zugrunde liegende Geometrie der NURBS-Flächen hat eine rechteckige Topologie in U-/V-Richtung, eine sogenannte Parameter-Fläche. Die Reihen von Flächenpunkten und die Parametrisierung sind in zwei Richtungen organisiert (U und V). Diese beiden Richtungen liegen kreuzweise zueinander mit einem Winkel von mehr oder weniger 90 Grad auf einer idealen Oberfläche, obwohl dies nicht immer möglich ist. Diese Struktur ist bei der Erzeugung und Bearbeitung einer Oberfläche nicht immer offensichtlich. Sie sollten diese Struktur für die Wahl Ihrer Strategie bei der Erzeugung oder Bearbeitung einer Geometrie im Hinterkopf behalten.

## Übung 4-1 Mit Topologie arbeiten

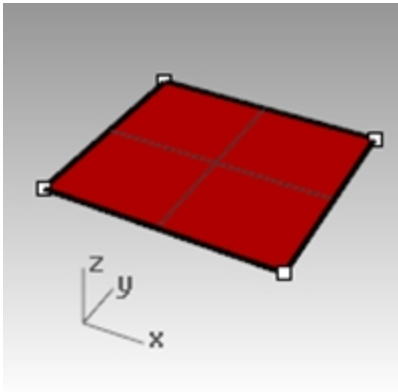
In der folgenden Übung lernen Sie, wie die NURBS-Topologie organisiert ist. Zur Sprache kommen auch einige Sonderfälle, die bei der Geometrienerzeugung oder -bearbeitung in Betracht gezogen werden müssen.

1. **Öffnen** Sie das Modell **Topologie.3dm**.

Auf der aktuellen Ebene sind mehrere Flächen sichtbar.

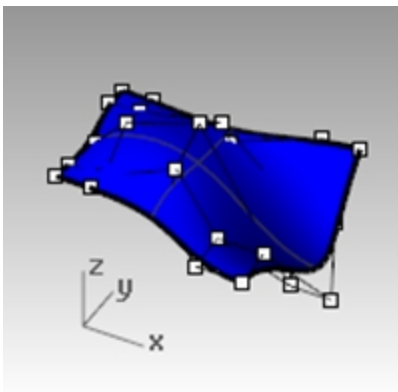
2. Aktivieren Sie die Kontrollpunkte der einfachen rechteckigen Ebene links.

Die Fläche verfügt über vier Kontrollpunkte (einen an jeder Ecke) und ist eine einfache, ungetrimmte, planare Fläche mit einer rechteckigen Topologie.



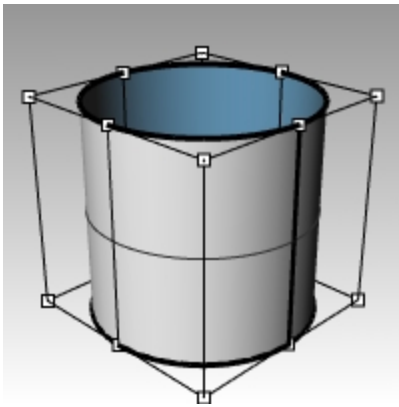
3. Aktivieren Sie nun die Kontrollpunkte der gekrümmteren Fläche.

Hier sind mehr Punkte vorhanden, aber Sie können dennoch sehen, dass es sich um eine rechteckige Fläche handelt.

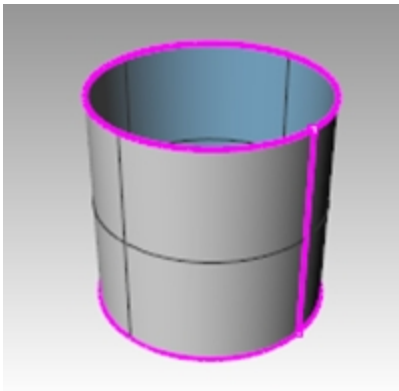


4. Wählen Sie den **Zylinder** aus.

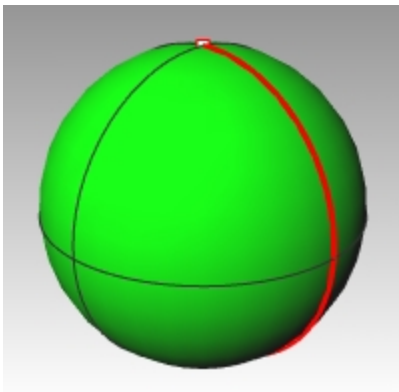
Der Zylinder erscheint als fortlaufende kreisförmige Fläche, verfügt aber trotzdem über eine rechteckige Begrenzung.



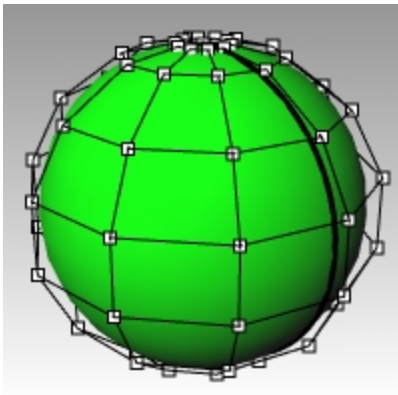
5. Verwenden Sie den Befehl **KantenAnzeigen**(Menü *Analysieren: Bearbeitungswerkzeuge für Kanten > Kanten anzeigen*), um die Flächenkanten hervorzuheben.  
Wie Sie sehen können, ist eine Naht des Zylinders hervorgehoben. Die hervorgehobene Naht stellt zwei Kanten des Rechtecks dar, während die anderen zwei Kanten oben und unten kreisförmig sind. Auch hier ist dementsprechend die rechteckige Topologie vorhanden.



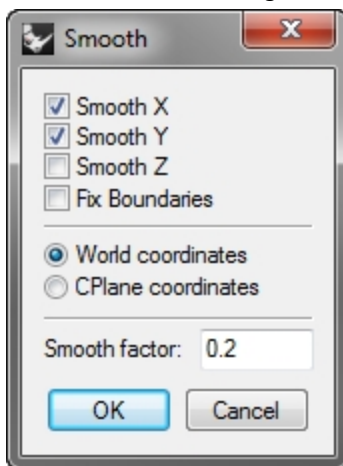
6. Wählen Sie die Kugel aus.  
Sie erscheint als geschlossenes zusammenhängendes Objekt.
7. Verwenden Sie den Befehl **KantenAnzeigen**, um die Kanten hervorzuheben.



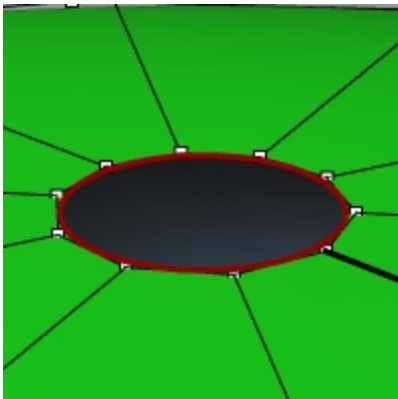
Wie Sie sehen können, ist auch eine Naht der Kugel hervorgehoben. Die hervorgehobene Naht stellt zwei Kanten einer rechteckigen NURBS-Fläche dar, während die anderen beiden Kanten zu einem einzelnen Punkt an den Polen zusammengefallen werden. Wenn alle Punkte einer ungetrimmten Kante in einem Punkt zusammenfallen, wird dies eine Singularität genannt.  
Auch hier ist die rechteckige Topologie vorhanden - wenn auch sehr verzerrt.



8. Aktivieren Sie die **Kontrollpunkte** für die Kugel.
9. **Zoom Ziel** (Menü Ansicht: Zoom > Zoomziel) zeichnen Sie ein Auswahlfenster eng um einen Pol der Kugel.
10. Wählen Sie den Punkt an einem Pol der Kugel und starten Sie den Befehl **Glätten** (Menü Transformieren: Glätten).
11. Deaktivieren Sie im Dialogfenster **Glätten** das Kontrollkästchen **Z glätten** und klicken Sie auf **OK**.



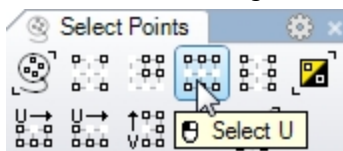
Es erscheint eine Öffnung am Kugelpol. Der Pol der Kugel verfügt nun über keine Singularität mehr. Der Befehl **KantenAnzeigen** wird dies nun ebenfalls als Kante hervorheben.



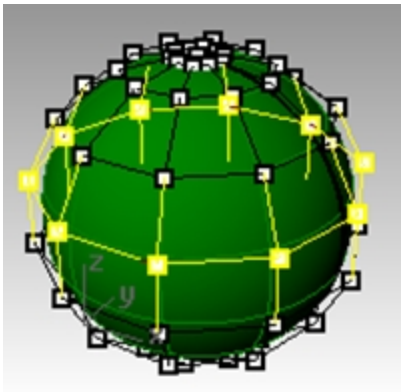
12. Verwenden Sie die Taste **Pos 1**, um die Ansicht wieder zu verkleinern. So können Sie sich am schnellsten durch Ansichten bewegen.

### Punkte auswählen

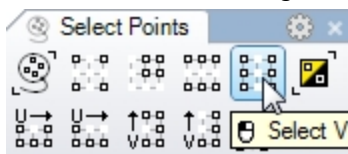
1. Öffnen Sie die Werkzeugleiste **Punkte auswählen**.



2. Wählen Sie einen beliebigen Punkt auf der Kugel aus.
3. Klicken Sie in der Werkzeugleiste **Punkte auswählen** auf **In U auswählen**. Daraufhin wird eine ganze Punktreihe ausgewählt.

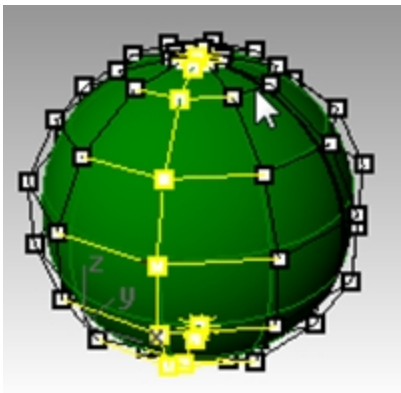


4. Heben Sie die Auswahl auf, indem Sie in einen leeren Bereich klicken, und wählen Sie einen anderen Punkt auf der Kugel aus.
5. Klicken Sie in der Werkzeugleiste **Punkte auswählen** auf **In V auswählen**.



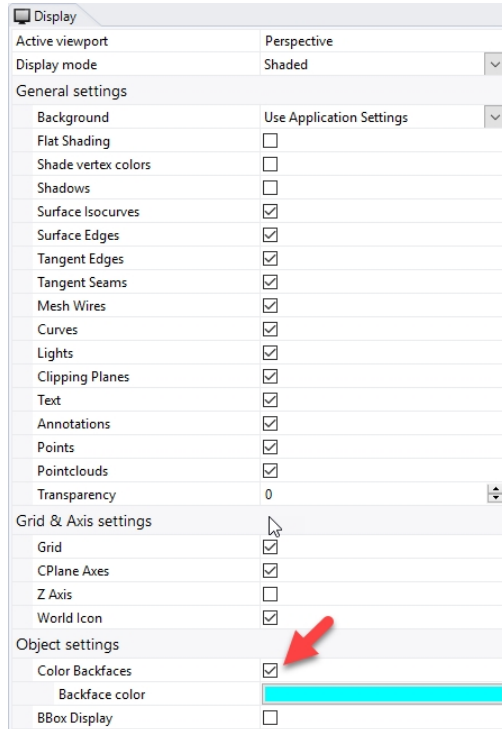
Es wird eine Punktreihe in der anderen Richtung des Rechtecks ausgewählt. Diese Anordnung in U- und V-Richtung ist bei NURBS-Flächen immer gegeben.

6. Probieren Sie die anderen Schaltflächen in dieser Werkzeugleiste aus.



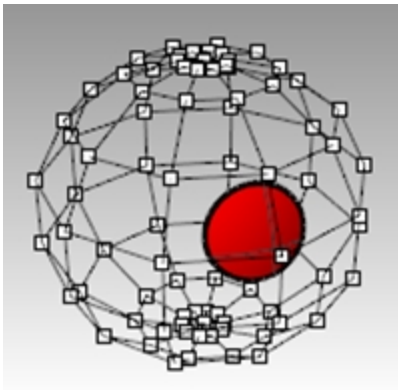
**Tipp:** Um mit einem Blick zu erfassen, in welche Richtung die aktuellen Flächennormalen zeigen, stellen Sie jeden Schattierten Anzeigemodus so ein, dass er die Rückseiten in Farbe anzeigt. Dies ist eine der im **Anzeige**-Panel

(Panels-Menü > Anzeige) für schattierte Modi verfügbaren Einstellungen.  
Wählen Sie eine helle, auffällige Farbe wie Orange, Gelb oder Cyan.

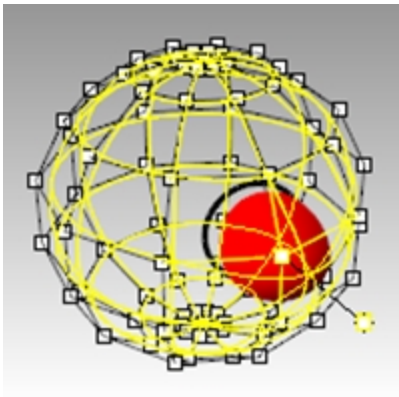


#### Übung 4-2 Getrimmte Flächen beobachten

1. Öffnen Sie das Modell **Getrimmte NURBS.3dm**.  
Diese Fläche wurde aus einer viel größeren Fläche herausgetrimmt. Die Daten der darunterliegenden vierseitigen Fläche sind immer noch vorhanden, nachdem eine Fläche getrimmt wurde, aber sie werden durch die Trimmkurven (Kanten) auf der Fläche begrenzt.



2. Wählen Sie die Fläche aus, aktivieren Sie die Kontrollpunkte und verziehen Sie einige der Kontrollpunkte. Kontrollpunkte können auf dem getrimmten Teil der Fläche oder auf dem Rest der Fläche bearbeitet werden, wobei sich die getrimmten Kanten verschieben, wenn sich die darunterliegende Fläche ändert. Die Trimmkurve bleibt immer auf der Fläche.

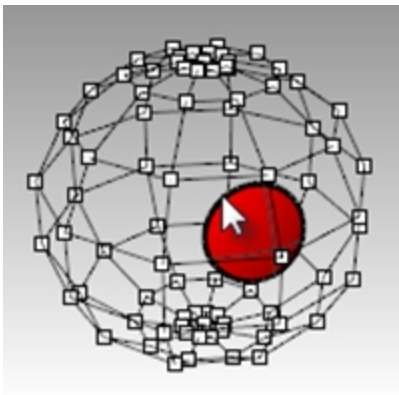


3. Verwenden Sie den Befehl **Rückgängig**, um die Punktbearbeitung rückgängig zu machen.

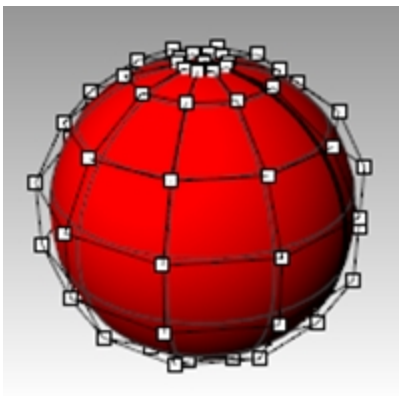
### Entfernung der Trimmungen aus einer Fläche

---

1. Führen Sie den Befehl **TrimmungAufheben** (*Menü Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > Trimmung aufheben*) aus.
2. Wählen Sie die einzelne Kante der getrimmten Fläche aus.  
Die ursprünglich zugrunde liegende Fläche erscheint und die Trimmbegrenzung verschwindet.



3. Verwenden Sie den Befehl **Rückgängig**, um zur vorher getrimmten Fläche zu gelangen.

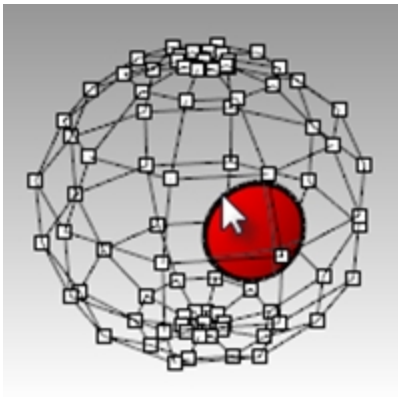


### Abtrennung einer Trimmkurve von einer Fläche

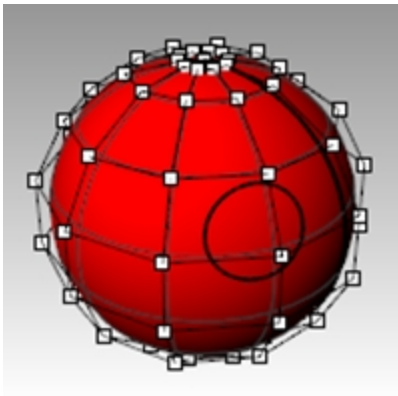
---

1. Führen Sie den Befehl **TrimmungAufheben** mit der Option **TrimobjekteBeibehalten:Ja** aus (*Menü Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > Trimmkante abtrennen*).
2. Wählen Sie die Kante der Fläche aus.  
Die ursprünglich zugrunde liegende Fläche erscheint. Die Begrenzungskanten werden in Kurven umgewandelt, welche nicht länger mit der Fläche verbunden sind.



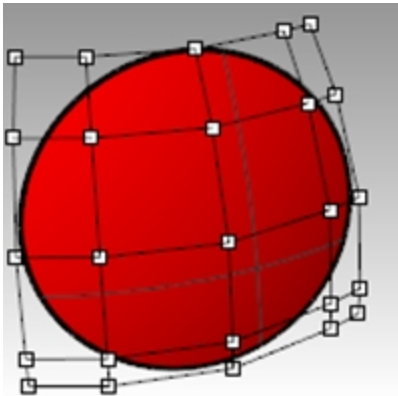


3. Führen Sie den Befehl **Rückgängig** aus, um zur vorher getrimmten Fläche zu gelangen.



### Verkleinerung einer getrimmten Fläche

1. Führen Sie den Befehl **TrimmflächeEinschrumpfen** aus (*Menü Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > Getrimmte Fläche einschrumpfen*).
2. Wählen Sie die Fläche aus und schließen Sie den Befehl durch Drücken der **Eingabetaste** ab. Die darunterliegende, ungetrimmte Fläche wird durch eine kleinere ersetzt. Auf der getrimmten Fläche ist keine Veränderung sichtbar. Es wird nur die darunterliegende ungetrimmte Fläche verändert.



### Benutzerdefinierte Anzeigemodi

Einer Flächenrückseite im Anzeigemodus eine benutzerdefinierte Farbe hinzuzufügen hilft Ihnen, die Richtung der Normalen an der Anzeigefarbe zu erkennen.

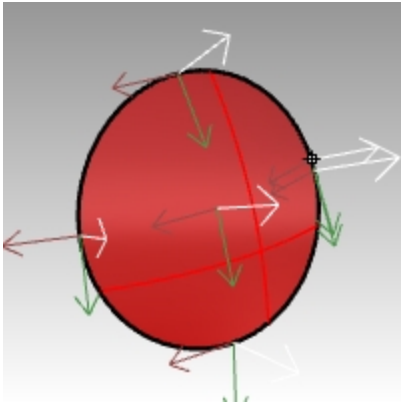
Durch die Personalisierung eines Anzeigemodus wird diese Voranzeige von jedem Ansichtsfenster aus sichtbar, und zwar in jedem Modell auf Ihrem Computer, das Ihren benutzerdefinierten Anzeigemodus verwendet.

Beginnen Sie mit der Personalisierung des Schattierten Anzeigemodus.

### Übung 4-3 Die Rückseite farbig machen

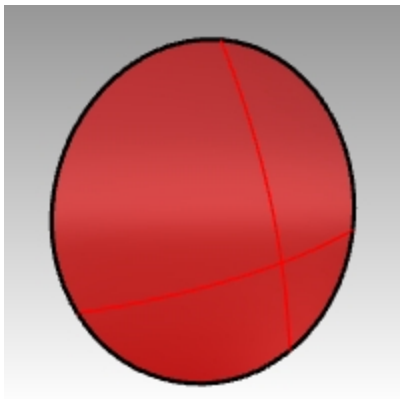
1. Falls es nicht schon geöffnet ist, öffnen Sie das Modell **Getrimmte NURBS.3dm**.

2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Titelzeile des Ansichtsfensters **Perspektive** und wählen Sie **Schattiert**.
3. Wählen Sie die Fläche aus und klicken Sie im Menü **Analysieren** auf **Richtung**.
4. Die Fläche wird mit einem Dreifachpfeil versehen, ähnlich wie auf der Konstruktionsebene:

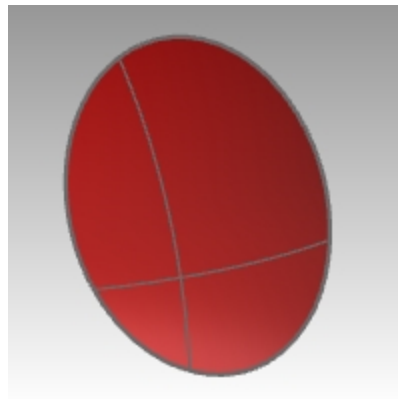


Der weiße Pfeil zeigt die Normalenrichtung an. Die Normale können sie sich als die Richtung vorstellen, die nach "außen" oder "oben" zeigt. Drücken Sie die Eingabetaste um den Befehl zu verlassen und die Fläche in die normale Ansicht zurückzusetzen.

5. Die Außen- und Innenseite der Fläche sind im standardmäßigen Anzeigemodus **Schattiert** nicht einfach zu unterscheiden.

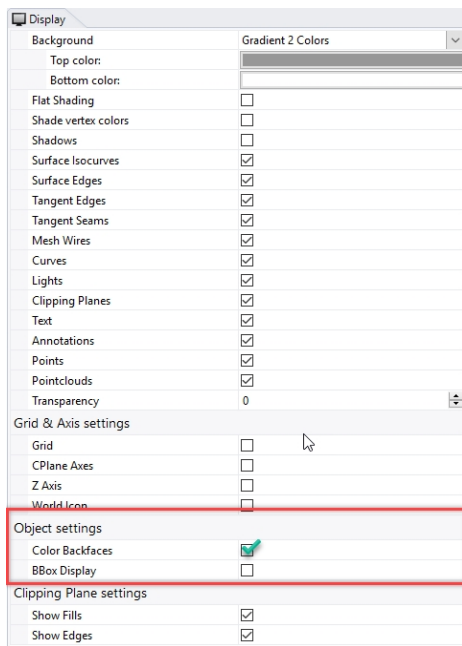


*Außenseite der Fläche*

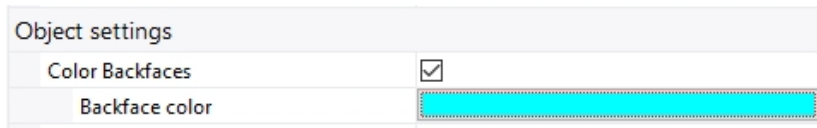


*Innenseite der Fläche*

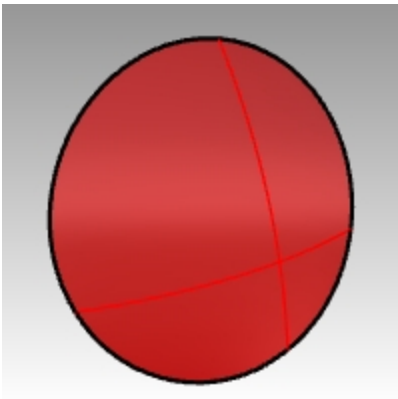
6. Klicken Sie auf das **Panel**-Menü um das **Anzeige**-Panel zu öffnen.
7. Klicken Sie auf dem **Anzeige**-Panel in das Kontrollkästchen neben **Rückseiten in Farbe**.



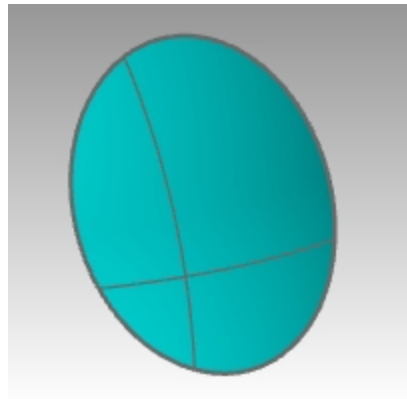
8. Wählen Sie neben **Farbe der Rückseiten** das Farbenrad aus.



9. Im Dialogfenster **Farbe auswählen** wählen Sie Cyan und klicken Sie auf **OK**.  
 10. Drehen Sie die Ansicht und überprüfen Sie, dass die Flächenrückseite jetzt in Cyan angezeigt wird.



*Außenseite der Fläche - gleich.*



*Innenseite der Fläche - wird jetzt in Cyan angezeigt.*



# Kapitel 5 - Kurvenerzeugung und Stetigkeit

Dieser Teil des Kurses beginnt mit der Wiederholung einiger Konzepte und Techniken in Verbindung mit NURBS-Kurven, die als Grundlage für den weiteren Lernprozess dienen. Die Techniken zur Kurvenerzeugung haben großen Einfluss auf die Flächen, die aus ihnen erzeugt werden.

## Kurvengrad

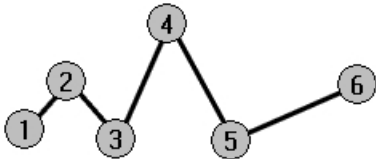
Der Kurvengrad wird vom Polynomgrad der Kurvenfunktion abgeleitet. In der Praxis bezieht er sich auf den Einfluss, den ein einzelner Kontrollpunkt auf die Länge der Kurve hat.

Bei Kurven mit einem höheren Grad hat ein einzelner Kontrollpunkt weniger lokalen Einfluss, dabei aber größeren Einfluss über die Länge der Kurve hinweg. Eine solche Kurve hat außerdem eine höhere innere Stetigkeit.

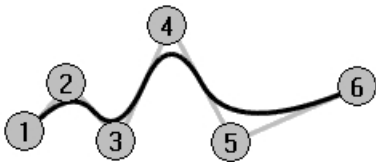
Im folgenden Beispiel befinden sich die Kontrollpunkte der fünf Kurven an denselben sechs Punkten. Jede Kurve verfügt über einen anderen Grad. Der Grad kann mit dem Befehl **Kurve**, Option **Grad** eingestellt werden.

### Übung 5-1 Kurvengrad beobachten

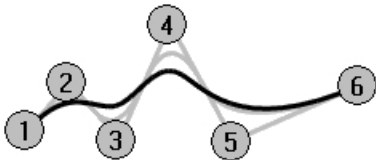
1. **Öffnen** Sie das Modell **Kurvengrad.3dm**.
2. Verwenden Sie den Befehl **Kurve** (*Menü Kurve: Freiform > Kontrollpunkte*) mit der Einstellung **Grad** auf **1** und unter Verwendung des Objektfangs **Punkt** um die jeweiligen Punkte zu fangen.



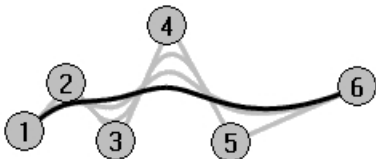
3. Wiederholen Sie den Befehl **Kurve** mit der Einstellung **Grad** auf **2**.



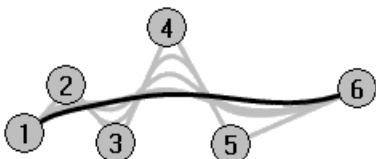
4. Wiederholen Sie den Befehl **Kurve** mit der Einstellung **Grad** auf **3**.



5. Wiederholen Sie den Befehl **Kurve** mit der Einstellung **Grad** auf **4**.



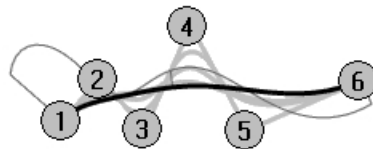
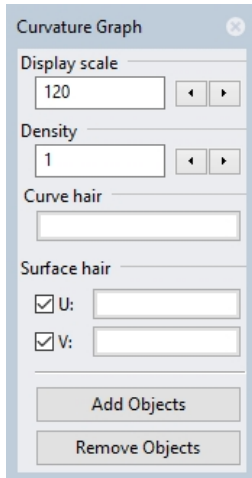
6. Wiederholen Sie den Befehl **Kurve** mit der Einstellung **Grad** auf **5**.



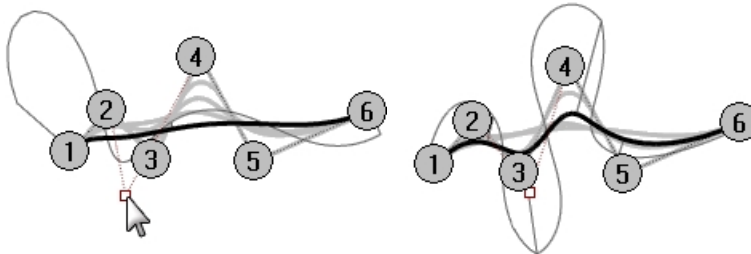
## Analysieren der Kurvenkrümmung

1. Verwenden Sie den Befehl **Krümmungsanzeige** (*Menü Analysieren: Kurve > Krümmungsanzeige ein*), um die Krümmungsanzeige für eine der Kurven zu aktivieren.
2. Stellen Sie den Wert für **Skalierung anzeigen** so ein, dass ein Graph wie im Bild sichtbar wird. Ein Wert zwischen 110 und 120 sollte genügen.

Der Graph zeigt die Krümmung auf der Kurve an. Dies ist die Umkehrung des Krümmungsradius. Je kleiner der Krümmungsradius an einem beliebigen Punkt auf der Kurve ist, desto größer ist die Krümmung.



3. Aktivieren Sie die Kontrollpunkte für die Kurve und beobachten Sie die Krümmungsanzeige beim Verschieben einiger Kontrollpunkte.  
Achten Sie auch auf die Änderung der Haarlinien der Krümmung.
4. Wiederholen Sie diesen Prozess für alle Kurven.  
Sie können die Schaltflächen des Dialogfensters **Krümmungsanzeige** verwenden, um Objekte aus der Krümmungsanzeige zu entfernen oder hinzuzufügen.



### Hinweis

- Kurven vom **Grad 1** haben keine Krümmung und keine Krümmungsanzeige.
- Kurven vom **Grad 2** sind intern tangentialstetig. Die Schritte im Graphen zeigen dies an. Beachten Sie, dass nur der Graph in Schritte unterteilt ist, nicht die Kurve.
- Kurven vom **Grad 3** sind krümmungsstetig. Der Graph zeigt keine Schritte an, kann aber scharfe Spitzen und Täler besitzen. Auch hier ist die Kurve an diesen Stellen nicht geknickt. Der Graph zeigt eine abrupte aber nicht stetige Änderung in der Krümmung an.
- Bei Kurven von höherem Grad sind höhere Stetigkeitswerte möglich.  
Eine Kurve vom **Grad 4** zum Beispiel ist stetig in der Änderungsrate der Krümmung. Der Graph weist keine scharfen Spitzen auf.
- Eine Kurve vom **Grad 5** ist stetig in der Änderungsrate der Änderungsrate der Krümmung. Der Graph zeigt keine besonderen Eigenschaften für höhere Gradkurven an, neigt aber zur Glattheit.
- Die Änderung des Grads einer Kurve auf einen höheren Grad mit dem Befehl **GradÄndern** und der Option **Verformbar=Nein** verbessert die interne Stetigkeit nicht. Die Verringerung des Grads jedoch hat einen negativen Einfluss auf die Stetigkeit.
- Das erneute Aufbauen einer Kurve mit dem Befehl **Neuaufbauen** ändert die interne Stetigkeit.

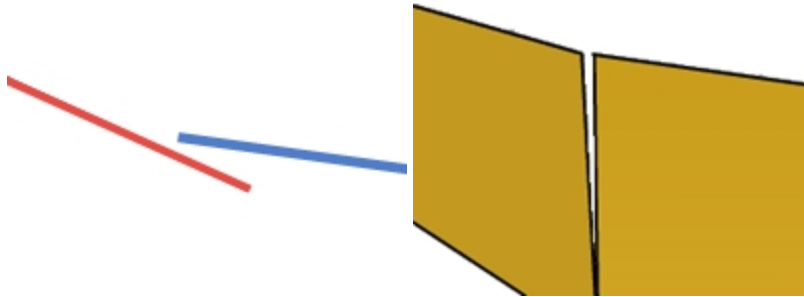
## Kurven- und Flächenstetigkeit

Da die Erzeugung einer guten Fläche oft von der Qualität und Stetigkeit der Eingabekurven abhängt, soll im Folgenden das Stetigkeitskonzept zwischen Kurven erläutert werden.

In den meisten Fällen von Kurven- und Flächenerzeugung kann von vier nützlichen Stetigkeitslevels gesprochen werden:

### Nicht stetig

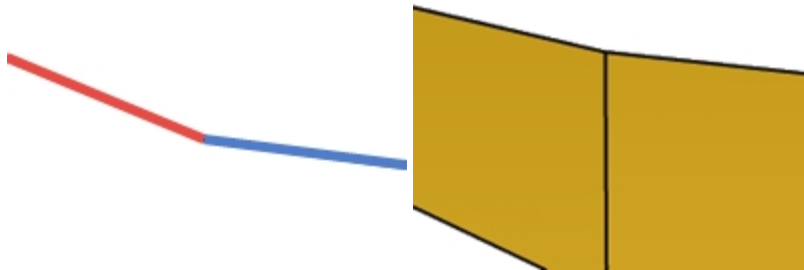
Die Kurven oder Flächen treffen an ihren Endpunkten oder -kanten nicht aufeinander. Wo keine Stetigkeit vorhanden ist, können die Objekte nicht verbunden werden.



### Stetigkeit nach Position (G0)

Kurven treffen an ihren Endpunkten zusammen, Flächen an ihren Kanten.

Stetigkeit nach Position (G0) bedeutet, dass ein Knick beim Schnittpunkt von zwei Kurven vorhanden ist. In Rhino können die Kurven zu einer einzigen Kurve verbunden werden, aber es entsteht ein Knick und die Kurve kann immer noch in mindestens zwei Kurvensegmente zerlegt werden.

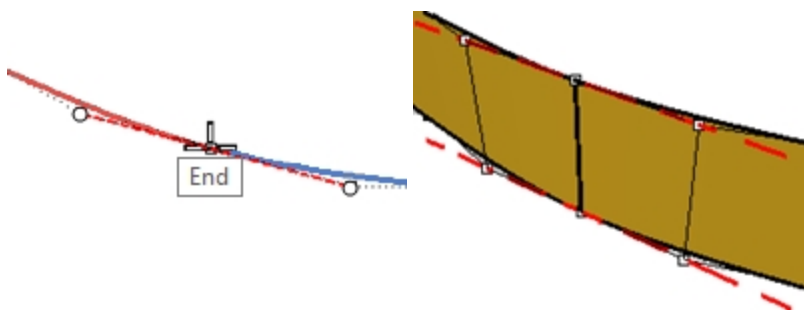


Auf ähnliche Weise können zwei Flächen entlang einer gemeinsamen Kante zusammentreffen, weisen aber einen Knick oder eine Naht, d.h. eine kantige Linie zwischen den Flächen, auf. Aus praktischen Gründen müssen bei der G0-Stetigkeit nur die Endpunkte einer Kurve oder die letzten Punktreihen entlang der Kante zweier ungetrimmter Flächen übereinstimmen.

### Stetigkeit nach Tangentialität (G1)

Kurven oder Flächen treffen zusammen und die Richtung der Tangenten an den Endpunkten oder Kanten ist dieselbe. Es sollten keine Falten oder spitze Kanten sichtbar sein.

Die Tangentialität ist die Richtung einer Kurve an einem beliebigen Punkt entlang der Kurve.

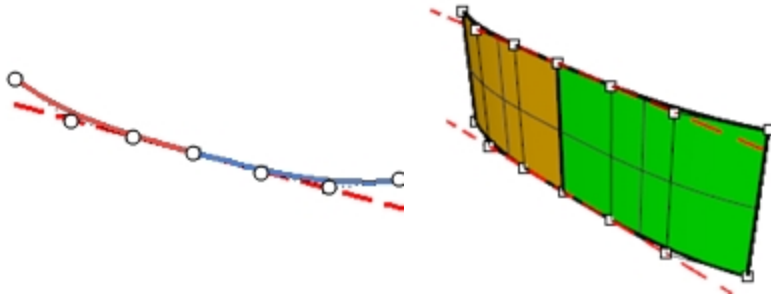


An der Stelle, an der die Endpunkte zweier Kurven aufeinander treffen, wird die Tangentialität zwischen ihnen durch die Richtung bestimmt, in der die Kurven an diesen Punkten gerichtet sind. Wenn die Richtungen kollinear sind, werden die Kurven als tangential angesehen. Es gibt keine scharfen Ecken oder Knicke, an denen sich die beiden Kurven treffen. Die Tangentialitätsrichtung wird durch die Richtung der Linie zwischen dem Endkontrollpunkt und dem folgenden Kontrollpunkt auf einer Kurve gesteuert.

Damit zwei Kurven tangential zueinander liegen, müssen ihre Endpunkte übereinstimmen (G0) und der zweite Kontrollpunkt auf jeder Kurve muss auf einer Linie liegen, die durch die Kurvenendpunkte verläuft. Insgesamt müssen vier Kontrollpunkte, zwei von jeder Kurve, auf dieser gedachten Linie liegen.

## Krümmungsstetigkeit (G2)

Kurven oder Flächen treffen zusammen, ihre Tangentenrichtung ist dieselbe und der Krümmungsradius am Endpunkt ist ebenfalls gleich.



Krümmungsstetigkeit erfordert neben der Erfüllung der oben genannten G0- und G1-Bedingungen zusätzlich denselben Krümmungsradius an den Endpunkten der beiden Kurven. Krümmungsstetigkeit ist die glatteste Bedingung, über die der Benutzer direkte Kontrolle hat, obwohl auch glattere Beziehungen möglich sind.

G3-Stetigkeit bedeutet z.B., dass nicht nur die Bedingungen der G2-Stetigkeit erfüllt werden, sondern dass auch die Änderungsrate der Krümmung auf beiden Kurven oder Flächen an den gemeinsamen Endpunkten oder Kanten die gleiche ist.

G4 bedeutet, dass die Änderungsrate der Krümmung für beide Kurven am Berührungspunkt die gleiche ist. Dies ist die glättteste Art der Verbindung. Rhino verfügt über Werkzeuge zur Erzeugung solcher Kurven und Flächen, wobei es weniger Werkzeuge zur Überprüfung solcher Stetigkeit als für diejenige von G0-G2-Kurven gibt.

Ab G5 ist die Steigerung der Stetigkeit nicht mehr sichtbar.

## Kurvenstetigkeit und Krümmungsanzeige

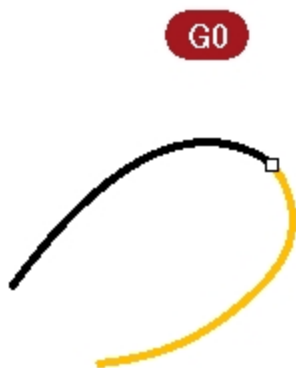
Rhino verfügt über zwei Analysewerkzeuge, die den Unterschied zwischen Krümmung und Tangentialität illustrieren. In der folgenden Übung werden wir die Befehle Krümmungsanzeige und Krümmung verwenden, um ein besseres Verständnis der Tangentialitäts- und Krümmungsstetigkeit zu erhalten.

### Anzeige der Stetigkeit mit einem Krümmungsgraphen

1. **Öffnen** Sie das Modell **Krümmung\_Tangentialität.3dm**.

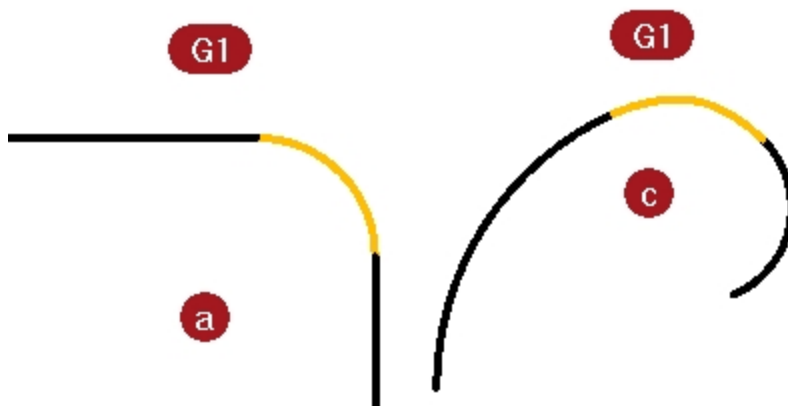
Es enthält fünf Kurvensätze, die in drei Gruppen unterteilt sind.

Eine Gruppe verfügt über Stetigkeit nach Position (G0) an den gemeinsamen Enden.

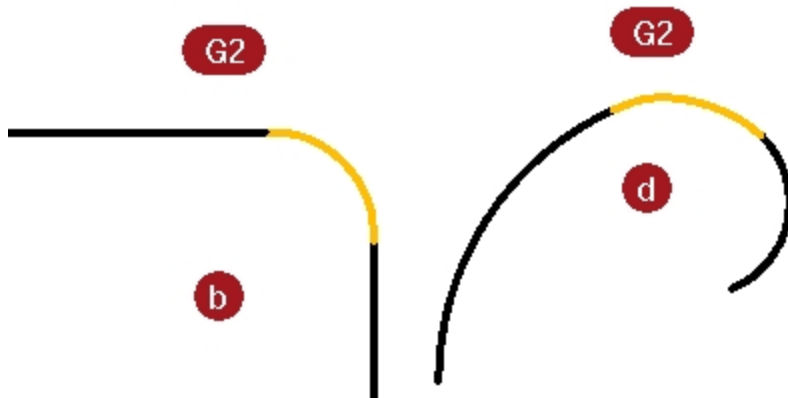


Die Gruppe (a-c) ist an den gemeinsamen Enden tangentialstetig (G1).

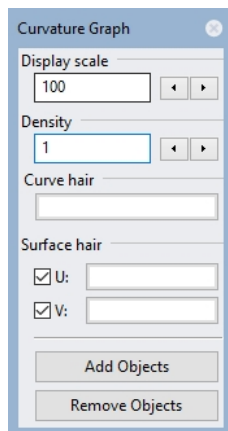




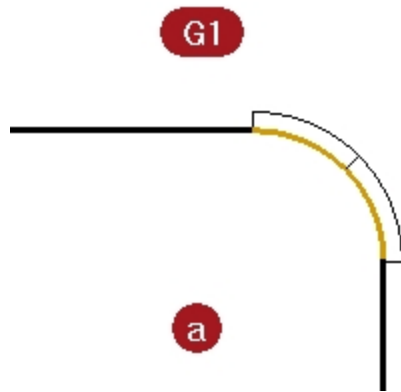
Die Gruppe (b-d) ist an den gemeinsamen Endpunkten krümmungsstetig (G2).



- Drücken Sie **Strg + A** zur Auswahl aller Kurven.
- Aktivieren Sie die **Krümmungsanzeige** (*Menü Analysieren: Kurve > Krümmungsanzeige ein*) für die Kurven.



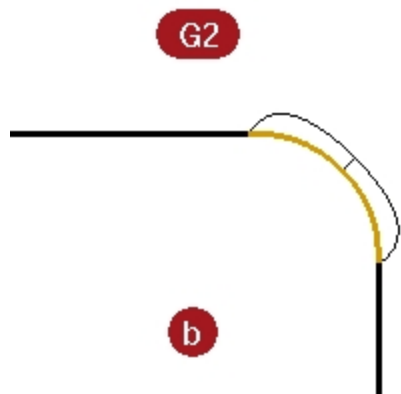
- Stellen Sie **Skalierung anzeigen** im Dialogfenster auf **100**.  
Ändern Sie die Skala, wenn die Krümmungshaarlinie nicht deutlich genug angezeigt wird.  
Die Anzeigtiefe dieser Einstellung zeigt die Krümmungsmenge der Kurve in Modelleinheiten an.
- Sehen Sie sich die oberen Kurvensätze (**a-b**) an.  
Zwischen diesen beiden Linien liegt eine Kurve.  
Linien haben keine Krümmung und daher auch keine Krümmungsanzeige.  
Die Abbildung unten zeigt was passiert, wenn die Krümmung nicht stetig ist. Der plötzliche Anstieg in der Krümmungsanzeige zeigt eine Krümmungsunstetigkeit an.  
Die mittlere G1-Kurve ist ein Bogen. Sie zeigt eine konstante Krümmungsanzeige wie erwartet an, weil die Krümmung eines Bogens sich nie ändert, wie sich auch der Radius nie ändert.



Allerdings ist der Bogen mit den Linien trotzdem glatt verbunden. Der Bogen nimmt die exakte Richtung einer Linie auf und die nächste Linie beginnt in der gleichen Richtung des Bogens an seinem Ende.

Die G2-Kurven (b) zeigen ebenfalls keine Krümmung auf diesen Linien auf, wobei sich jedoch die Verbindungskurve der beiden Geraden vom Fall G1 unterscheidet. Diese Kurve zeigt einen Graphen an, der bei Null beginnt, am Ende der Kurve einen Punkt erreicht, sich dann schnell, aber glatt erhöht und am anderen Ende auf Null vermindert wird, also da, wo er mit der anderen Geraden zusammentrifft. Es ist keine Kurve mit stetiger Krümmung und deshalb auch keine Kurve mit stetigem Radius. Der Graph hat keinen plötzlichen Knick in der Krümmung; stattdessen geht er glatt von Null zum Maximum.

Auf der mittleren G2-Kurve wird der Graph entlang einer Kurve von Null auf eine maximale Höhe erhöht und dann wieder auf Null vermindert, wobei er mit der anderen geraden Linie zusammentrifft.



Es gibt also keine Unstetigkeit in der Krümmung vom Ende der geraden Linie zum Ende der Kurve. Die Kurve beginnt und endet beim Krümmungswert Null, wie es auch bei den Linien der Fall ist. Bei einer Krümmung 2. Grades ist also nicht nur die Kurvenrichtung, sondern auch die Krümmung an den Endpunkten dieselbe. Es gibt keinen Sprung in der Krümmung und die Kurven werden als G2 oder krümmungstetig bezeichnet.

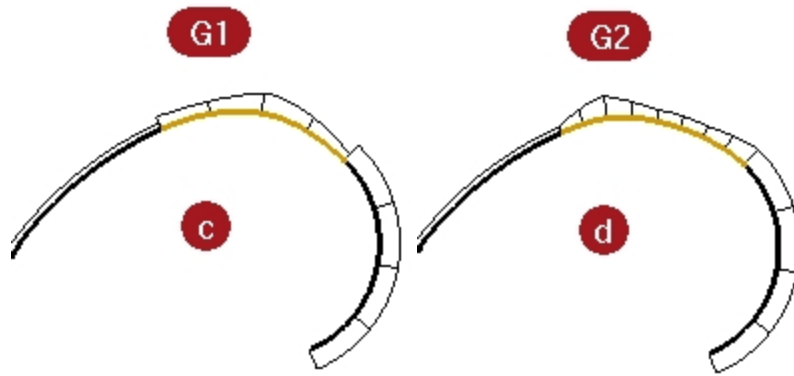
6. Sehen Sie sich die Kurven **c** und **d** an.

Dabei handelt es sich ebenfalls um Kurven 1. und 2. Grades, die jedoch nicht gerade sind, weswegen der Graph auf allen Kurven angezeigt wird.

Der G1-Satz zeigt an den gemeinsamen Endpunkten der Kurven erneut einen Schritt nach oben oder unten an. Hier ist die Kurve kein stetiger Bogen. Der Graph zeigt an, dass sie die Krümmung nach außen in Richtung der Mitte erhöht.

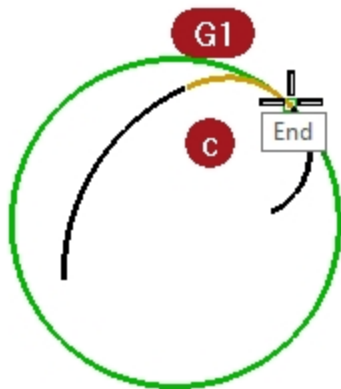
Auf G2-Kurven weist der Graph für die mittlere Kurve die gleiche Höhe auf, wie die angrenzenden Kurven an den gemeinsamen Endpunkten. Es sind keine abrupten Schritte im Graphen vorhanden.

Die äußere Kurve auf dem Graphen einer Kurve bleibt mit dem Graphen der angrenzenden Kurve verbunden.

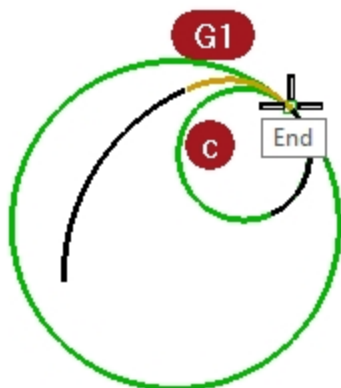


### Anzeige der Stetigkeit mit einem Krümmungskreis

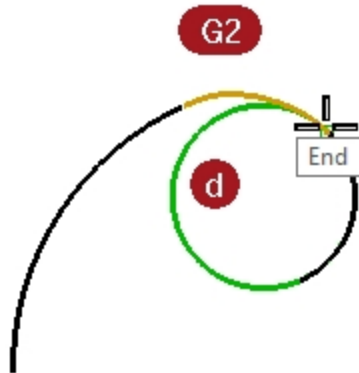
1. Starten Sie den Befehl **Krümmung** (*Menü Analysieren: Krümmungskreis*) und wählen Sie im **Satz c** die mittlere Kurve aus.  
Der auf der Kurve erscheinende Krümmungskreis zeigt den Radius einer Krümmung an dieser Stelle an. Der Krümmungskreis resultiert aus der Messung von Zentrum und Radius am jeweiligen Punkt der Kurve.
2. Ziehen Sie den Krümmungskreis entlang der Kurve.  
Beachten Sie, dass der Graph an der Stelle mit dem kleinsten Kreis die größte Krümmung aufweist. Die Krümmung ist die Umkehrung des Radius an einem beliebigen Punkt.



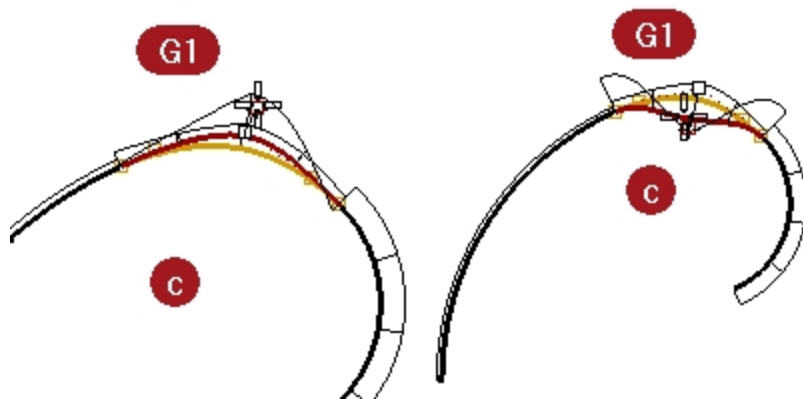
3. Klicken Sie in der Befehlszeile die Option **KrümmungMarkieren**.  
Verschieben Sie den Krümmungskreis, fangen Sie einen Endpunkt der Kurve und klicken Sie, um einen Krümmungskreis zu platzieren.
4. Stoppen Sie den Befehl und führen Sie ihn erneut für die andere Kurve aus, die den eben ausgewählten Endpunkt gemeinsam hat.
5. Platzieren Sie auch auf diesem Endpunkt einen Kreis.  
Die beiden Kreise weisen sehr unterschiedliche Radien auf. Dies steht für eine Unstetigkeit in der Krümmung. Diese Kurven sind nur 1. Grades (tangentenstetig), so dass die Krümmungen der beiden Kurven am Tangentschnittpunkt verschieden sind und die Krümmungsanzeige hier einen Sprung aufweist.



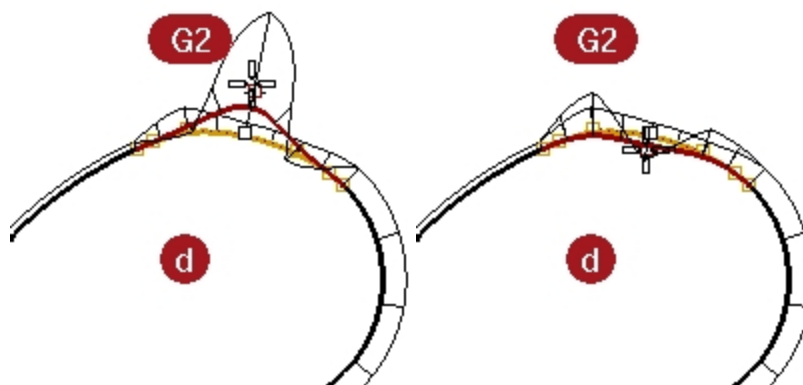
- Wiederholen Sie den gleichen Vorgang, um an den Kurvenenden im Satz **d** ebenfalls Kreise zu erhalten. Die Kreise der Kurven am gemeinsamen Endpunkt haben nun denselben Radius. Diese Kurven sind krümmungsstetig.



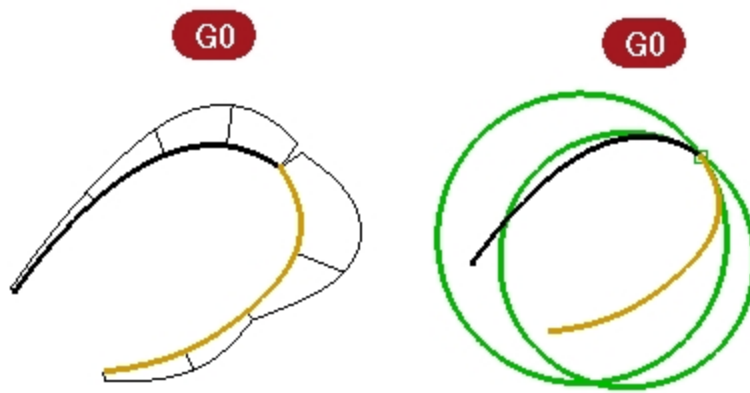
- Aktivieren Sie die Kontrollpunkte für die mittleren Kurven in **c** und **d**.
- Wählen Sie den mittleren Kontrollpunkt auf jeder Kurve aus und verschieben Sie ihn. Die Stetigkeit zwischen den Enden und den angrenzenden Kurven wird davon nicht beeinflusst, während sich der Krümmungsgraph jedoch bedeutend ändert. Die G1-Krümmungsgraphen sind weiterhin stufenförmig, wobei sich jedoch die Größe der Stufen ändert.



Die G2-Kurvengraphen sind verbunden, obwohl eine Spitze vorhanden ist.

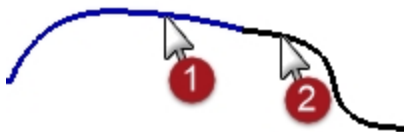


- Schauen Sie sich nun die Graphen der G0-Kurven an. Wie Sie sehen können, ist in der Anzeige eine Lücke vorhanden. Dies bedeutet, dass diese Kurven lediglich 0. Grades bzw. positionsstetig sind. Die Krümmungskreise auf den gemeinsamen Endpunkten dieser beiden Kurven haben nicht nur unterschiedliche Radien, sondern sind auch nicht tangential zueinander; sie überschneiden einander. Es ist also eine Richtungsunstetigkeit an den Enden vorhanden.



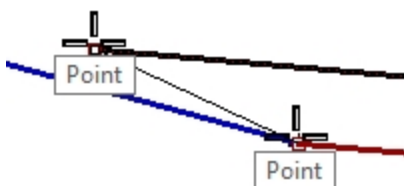
### Übung 5-2 Geometrische Stetigkeit überprüfen

1. **Öffnen** Sie das Modell **Kurvenstetigkeit.3dm**.  
Die beiden Kurven sind eindeutig nicht tangential.
2. Überprüfen Sie das mit dem Befehl **GeometrischeStetigkeit**.
3. Führen Sie den Befehl **GeometrischeStetigkeit** (*Menü Analysieren: Kurve > Geometrische Stetigkeit*) aus.
4. Klicken Sie auf beiden Kurven je in der Nähe der gemeinsamen Enden (etwa an den Stellen 1 und 2).  
Rhino weist in der Befehlszeile darauf hin, dass sich die Kurven außerhalb der Toleranz befinden. Die beiden Kurven befinden sich nicht nahe genug beieinander, als dass sie als eine Kurve betrachtet werden könnten.  
Differenz zwischen Kurvenenden = 0.030 Millimeter  
Radius der Krümmungsdifferenz = 126.531 Millimeter  
Differenz der Krümmungsrichtung in Grad = 10.277  
Tangentendifferenz in Grad = 10.277  
Die Kurvenenden befinden sich außerhalb der Toleranz.  
Importierte Kurven sind oftmals außerhalb der Toleranz und müssen zum akkuraten Modellieren repariert werden.



### Erzeugung positionsstetiger Kurven

1. Aktivieren Sie die **Kontrollpunkte** für beide Kurven und vergrößern Sie die gemeinsamen Enden.
2. Aktivieren Sie den **Objektfang Punkt** und ziehen Sie einen der Endpunkte auf den anderen.
3. Wiederholen Sie den Befehl **GeometrischeStetigkeit**.  
Die Meldung in der Befehlszeile sieht nun anders aus:  
Differenz zwischen Kurvenenden = 0.000 Millimeter  
Radius der Krümmungsdifferenz = 126.771 Millimeter  
Differenz der Krümmungsrichtung in Grad = 10.307  
Tangentendifferenz in Grad = 10.307  
Die Kurven haben G0.
4. Machen Sie die vorherige Operation **rückgängig**.



## Kurven in Positionstetigkeit bringen

Der Befehl **Anpassen** bietet die Möglichkeit zur automatischen Verschiebung der Kurvenendpunkte.

1. Starten Sie den Befehl **Anpassen** (*Menü Kurve: Bearbeitungswerkzeuge für Kurven > Anpassen*) aus.
2. Klicken Sie auf eine der Kurven in der Nähe des gemeinsamen Endes.
3. Klicken Sie auf die andere Kurve in der Nähe des gemeinsamen Endes.  
Standardmäßig wird die zuerst gewählte Kurve an die zweite angepasst.
4. Um beide Kurven in ihren gemeinsamen Durchschnittswert umzuändern, markieren Sie im Dialogfenster **Kurve anpassen** die Option **Durchschnittskurven**.



5. Aktivieren Sie im Dialogfenster **Kurve anpassen** für **Stetigkeit** die Option **Position**, für **Anderes Ende beibehalten** ebenfalls die Option **Position**, sowie im unteren Bereich die Option **Durchschnittskurven**.
6. Wiederholen Sie den Befehl **GeometrischeStetigkeit**.

In der Befehlszeile wird nun angegeben:

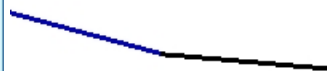
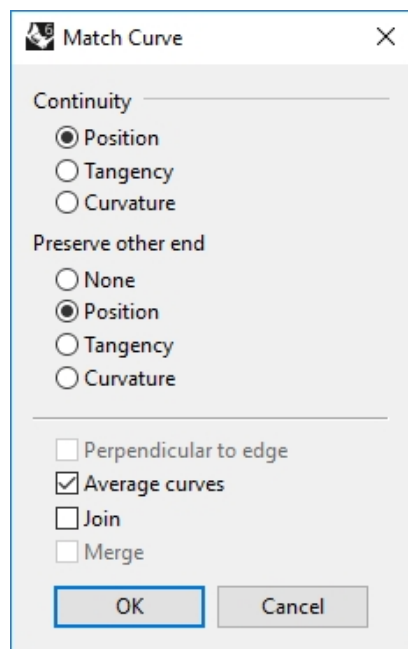
Differenz zwischen Kurvenenden = 0.000 Millimeter

Radius der Krümmungsdifferenz = 126.708 Millimeter

Differenz der Krümmungsrichtung in Grad = 10.265

Tangentendifferenz in Grad = 10.265

Die Kurven haben G0.



## Erstellung von Verweisen

**Entlang** und **Zwischen** sind einmalige Objektfänge, die im Menü **Werkzeuge** unter **Objektfang** verfügbar sind. Sie können erst nach dem Starten eines Befehls und nur für eine einzelne Anwendung verwendet werden.

Bevor wir weitermachen, erstellen wir einige Verweise, die wir in den folgenden Übungen verwenden werden.

### Übung 5-3 Erstellung von Verweisen für die Objektfänge Entlang und Zwischen

1. Klicken Sie im Dialogfenster **Rhino-Optionen** im Bereich **Verweise** auf die Schaltfläche **Neu**.

- Geben Sie in der Spalte **Verweis** den Wert **e** ein.  
Geben Sie in der Spalte **Befehlsmakro** den Wert **Entlang** ein.
- Geben Sie in der Spalte **Verweis** den Wert **b** ein.
- Geben Sie in der Spalte **Befehlsmakro** den Wert **Zwischen** ein .
- Schließen** Sie das Dialogfenster der **Rhino-Optionen**.

Alias:	Command macro:
a	Along
AdvancedDisplay	!_OptionsPage_AdvancedSettings
b	Between

## Tangentenstetigkeit

Durch die Anordnung der Kontrollpunkte in einer bestimmten Art und Weise kann eine Tangentenstetigkeit (G1) hergestellt werden. Dazu müssen die Endpunkte der beiden Kurven zusammenfallen und mit den jeweils nächsten auf jeder Kurve auf einer Linie liegen. Dies können Sie entweder automatisch mit dem Befehl **Anpassen** erledigen lassen oder manuell mit den normalen Transformationsbefehlen von Rhino einrichten.

Dazu verwenden wir die Befehle **Verschieben**, **PunktDefinieren**, **Drehen**, **Zoom Ziel**, **PunkteEin** (F10), **PunkteAus** (F11) und die Objektfänge **End**, **Punkt**, **Entlang**, **Zwischen** sowie die **Tabulator**-Sperrung, um die Punkte so zu verschieben, dass die Kurven tangential stetig werden.

## Tab-Richtungssperre

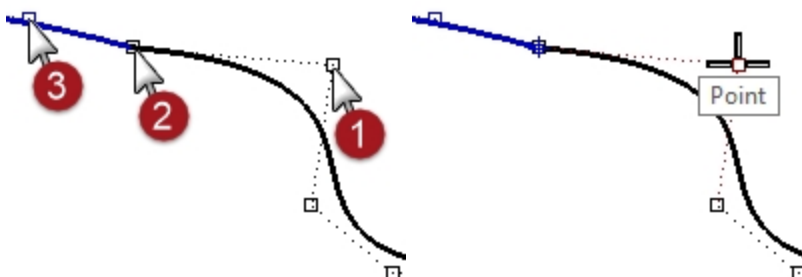
Die Richtungssperre mit der **Tabulatortaste** sperrt die Bewegung des Mauszeigers, wenn die **Tab**-Taste gedrückt ist. Sie kann zum Verschieben von Objekten, zum Ziehen oder zum Erzeugen von Kurven und Linien verwendet werden.

Um die **Tab**-Richtungssperre zu aktivieren, drücken Sie die **Tab**-Taste und lassen Sie sie wieder los wenn Rhino eine Position im Raum verlangt. Der Mauszeiger wird auf eine Linie zwischen seiner Position zum Zeitpunkt des Drückens der **Tab**-Taste und der Position des zuletzt angeklickten Punktes beschränkt.

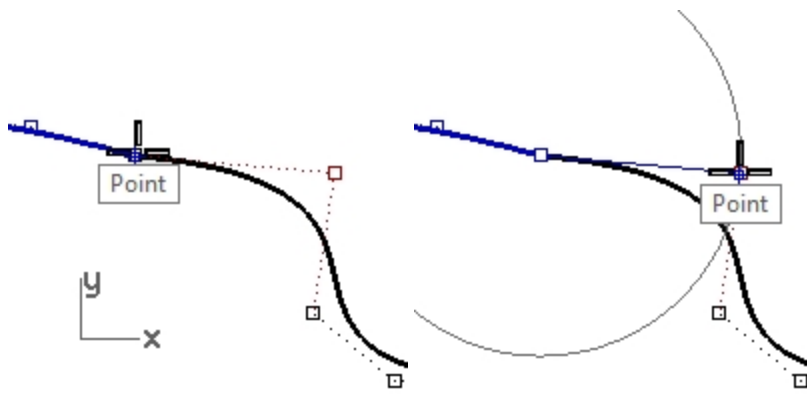
Wenn die Richtung gesperrt ist, kann sie durch erneutes Drücken und Loslassen der **Tabulatortaste** entsperrt werden, und eine neue, korrigierte Richtung mit nochmaligem Drücken der **Tabulatortaste** eingestellt werden.

## Änderung der Stetigkeit mithilfe des Befehls Drehen und der Tab-Richtungssperre

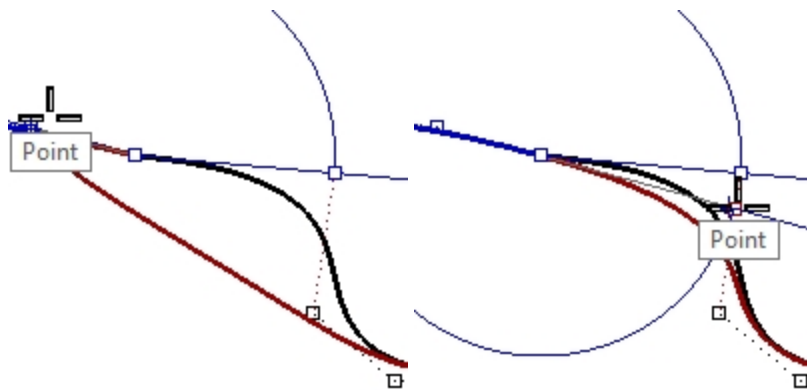
- Aktivieren Sie die Kontrollpunkte für beide Kurven.
- Wählen Sie den vorletzten Kontrollpunkt (1) vom Ende einer der Kurven aus.
- Führen Sie den Befehl **Drehen** (*Menü Transformieren: Drehen*) aus.
- Wählen Sie mit dem **Ofang Punkt** die gemeinsamen Endpunkte (2) der beiden Kurven als **Mitte der Drehung** aus.
- Fangen Sie als **ersten Referenzpunkt** den aktuellen Standort des ausgewählten Kontrollpunkts.



- Vergewissern Sie sich für den **zweiten Referenzpunkt**, dass der Objektfang **Punkt** immer noch aktiviert ist. Halten Sie den Mauszeiger über den zweiten Kontrollpunkt (3) auf der anderen Kurve ohne zu klicken. Drücken und lassen Sie die **Tabulatortaste** los, während die Etikette des Ofangs **Punkt** auf dem Bildschirm sichtbar ist (die Anzeige des Mauszeigers ist auf den Kontrollpunkt gesperrt). Klicken Sie nicht mit der Maus.

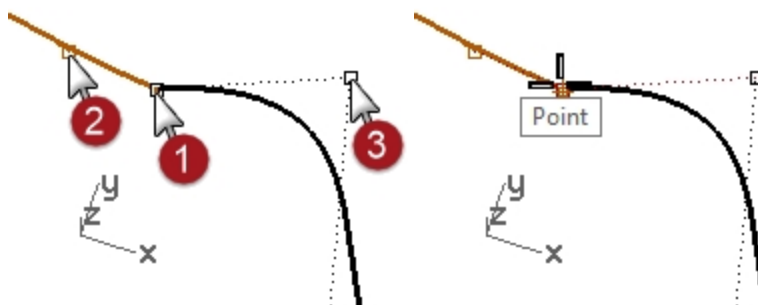


7. Verschieben Sie den Mauszeiger zurück über die andere Kurve. Beachten Sie, dass die Position auf eine Linie zwischen der Drehachse und dem zweiten Punkt auf der zweiten Kurve beschränkt ist, also den Position des Mauszeigers beim Drücken der **Tab**-Taste. Klicken Sie nun mit der Maus auf der gegenüberliegenden Seite der zweiten Kurve. Während der Drehung erzeugt die **Richtungssperre** eine Linie vom Zentrum und nicht vom ersten Referenzpunkt aus. Der Endpunkt der Drehung wird genau mit der Drehachse und dem zweiten Punkt auf der zweiten Kurve übereinstimmen.



### Änderung der Stetigkeit durch Kontrollpunktanpassung

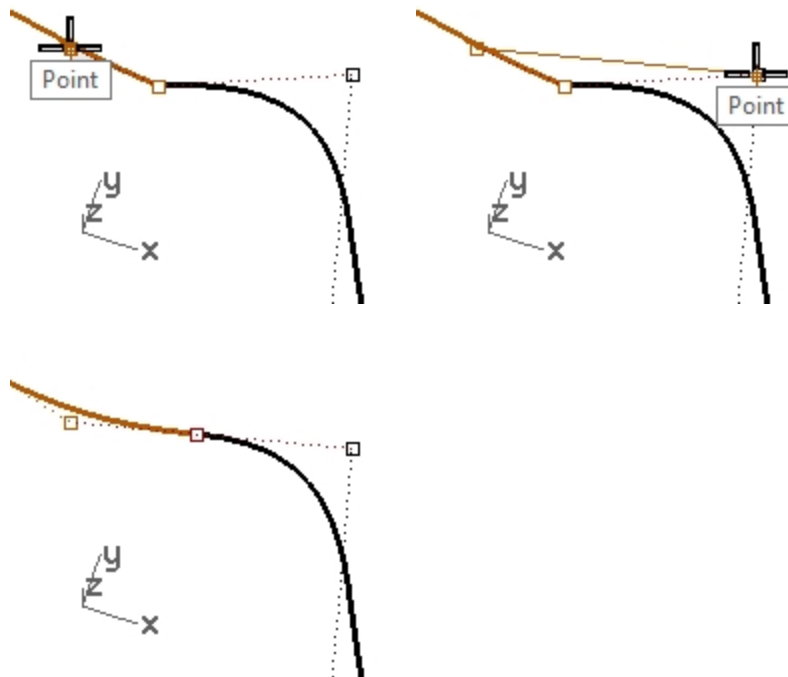
1. Verwenden Sie den Befehl **EineEbeneEin**, um nur die Ebene **3D-Kurven** zu aktivieren.
2. Überprüfen Sie die Kurvenstetigkeit mit dem Befehl **GeometrischeStetigkeit**.
3. Aktivieren Sie die Kontrollpunkte für beide Kurven.
4. Wählen Sie die gemeinsamen Endpunkte der beiden Kurven (1) aus.
5. Verwenden Sie den Befehl **Verschieben** (*Menü Transformieren: Verschieben*), um die Punkte zu verschieben.



6. Fangen Sie als **Startpunkt** denselben Punkt (1).
7. Geben Sie bei der Abfrage des **Neuen Standorts** den Verweis **z** ein und drücken Sie die **Eingabetaste** zur Anwendung des Objektfangs **Zwischen**.
8. Fangen Sie als **Ersten Punkt** den zweiten Punkt (2) auf einer Kurve.
9. Fangen Sie als **Zweiten Punkt** den zweiten Punkt (3) der anderen Kurve. Die gemeinsamen Punkte werden zwischen die beiden zweiten Punkte verschoben und alle vier werden



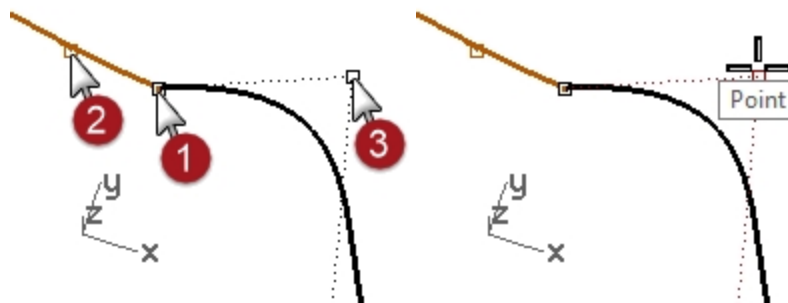
ausgerichtet.



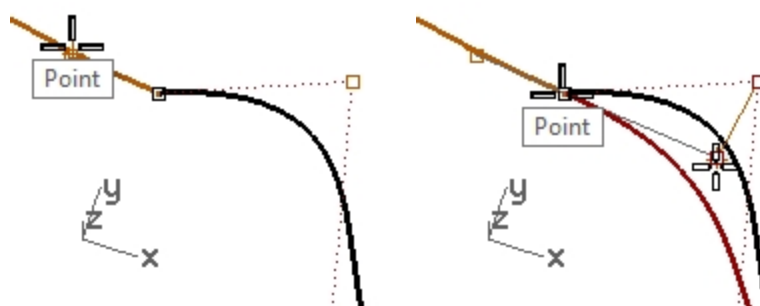
10. Überprüfen Sie die Stetigkeit.

#### Änderung der Stetigkeit durch Kontrollpunktanpassung mithilfe des Objektfangs Entlang

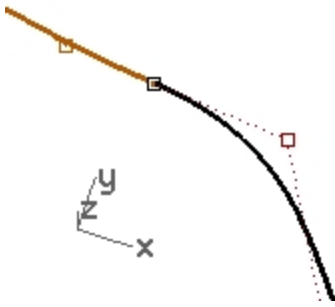
1. Machen Sie die vorherige Operation **rückgängig**.
2. Wählen Sie den zweiten Punkt (3) auf der rechten Kurve aus.
3. Verwenden Sie den Befehl **Verschieben** (Menü Transformieren: Verschieben), um den Punkt zu verschieben.
4. Fangen Sie als **Startpunkt** den ausgewählten Punkt.



5. Geben Sie bei der Abfrage des **Neuen Standorts** den Verweis **e** ein und drücken Sie die **Eingabetaste** zur Anwendung des Objektfangs **Entlang**.
6. Fangen Sie als **Startpunkt der Verfolgerlinie** den zweiten Punkt (2) auf der anderen Kurve.
7. Fangen Sie als **Endpunkt der Verfolgerlinie** die gemeinsamen Punkte (1).  
Der Punkt folgt einer Linie, die durch die zwei Punkte verläuft, und die vier Punkte werden ausgerichtet.



8. Klicken Sie, um den Punkt zu platzieren.
9. Überprüfen Sie die Stetigkeit.



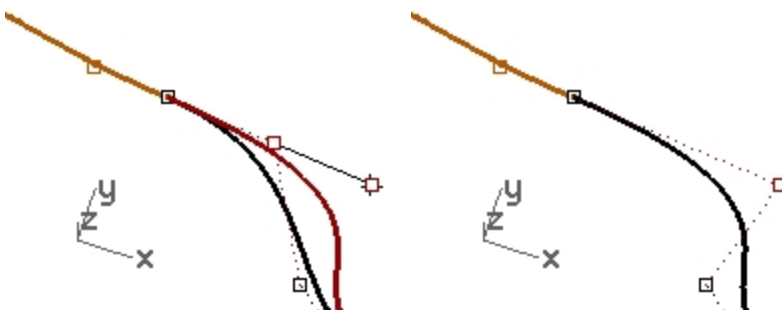
### Bearbeitung der Kurven ohne Änderung der Tangentialitätsrichtung

Mithilfe der **Tabulator**-Technik kann der Treffpunkt der Kurven oder die Form einer der Kurven in der Nähe des Treffpunkts angepasst werden, ohne dabei die G1-Stetigkeit zu verlieren.

1. Wählen Sie die gemeinsamen Endpunkte oder einen der zweiten Punkte einer Kurve aus. Aktivieren Sie den Objektfang **Punkt** und ziehen Sie den Punkt (die Punkte) zum nächsten der vier kritischen Punkte.
2. Wenn die Etikette des Objektfangs **Punkt** auf dem Bildschirm erscheint, verwenden Sie die Richtungssperre mit der **Tab**-Taste, indem Sie die **Tab**-Taste drücken und loslassen, ohne die Maustaste loszulassen.



3. Ziehen Sie nun den Punkt (die Punkte), wobei die Tangentialität beibehalten wird, da die Zugrichtung an die Linie der **Tab**-Richtungssperre beschränkt wird.
4. Lassen Sie die linke Maustaste an einem beliebigen Punkt los, um den Punkt zu platzieren.



### Hinweis

- Um die G1-Kontinuität beizubehalten, muss sichergestellt werden, dass jegliche Bearbeitung der vier kritischen Punkte entlang der Linie stattfindet, auf der sie liegen.
- Wenn Sie einmal G1-Stetigkeit haben, können Sie die Kurven immer noch nahe ihrer Enden bearbeiten, ohne an Stetigkeit zu verlieren, indem Sie die **Tab**-Richtungssperre verwenden.
- Diese Technik funktioniert nur, nachdem die Tangentialität etabliert wurde.

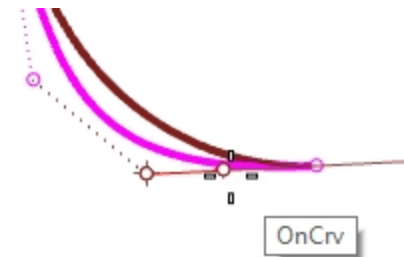
## Bearbeitung der Kurven unter Verwendung von ZugModus

1. Führen Sie den Befehl **ZugModus** aus und wählen Sie **KontrollPolygon** in der Befehlszeile  
**Hinweis:** der Mauszeiger verändert sich um anzuzeigen, dass der Zugmodus vom standardmäßigen Ziehen auf

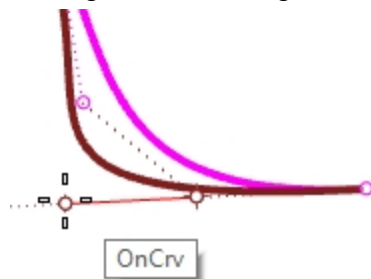
KEbenen-Basis abgeändert wurde.

KontrollPolygon ist nur auf Kurven- und Flächenkontrollpunkte anwendbar.

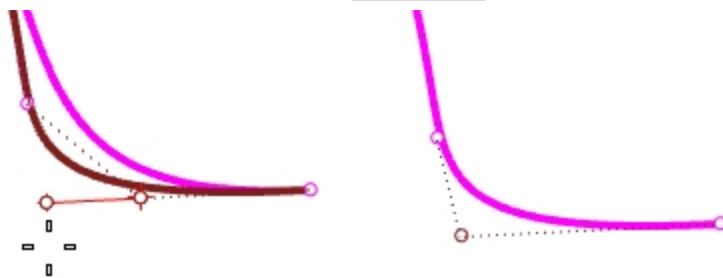
2. Deaktivieren Sie **Ofang** in der Statuszeile.
3. Wählen Sie den zweiten Punkt von einem Ende der Kurve und ziehen Sie ihn Richtung Endpunkt - das Ziehen ist auf die Kontrollpolygonlinie beschränkt, welche die Punkte verbindet. Damit wird sichergestellt, dass sich die Tangentenrichtung auf der Kurve nicht ändert.



4. Ziehen Sie jetzt den Punkt nach links und weg vom Endpunkt auf der Kurve rechts. Dieser Punkt ist auf den Kontrollpolygon des dritten Punktes beschränkt. Diese Kontrollbearbeitung unterbricht die Tangentialitätsrichtung der Kurve.



5. Um die tangentielle Richtung der Kurve aufrechtzuerhalten, ziehen Sie zuerst ein kleines Stück Richtung Endpunkt, drücken Sie die **Tabulatortaste** um diese Richtung zu beschränken und dann ziehen Sie vom Endpunkt weg. Das Ziehen eines Punkts mit der **Tabulatortaste** beschränkt die Richtung auf die Kurve oder Flächennormale.



6. Führen Sie ZugModus erneut aus, um in den KEbenen-Zugmodus zurückzuwechseln.

### Die ZugModus-Makros

Durch Ausführung des Zugmodus zweimal hintereinander wird dieser auf Standard zurückgesetzt, so dass Sie eine Tastenkombination oder einen Verweis erstellen können für:

! ZugModus, KontrollPolygon

! ZugModus, KEbene

Verwenden Sie diese zum schnellen Hin- und Herschalten zwischen Standard- und Kontrollpolygon-Modi.

Gehen Sie in **Optionen** auf **Tastatur** und fügen Sie das **Makro** den Tasten **Strg + F6** und **Strg + F7** hinzu.

Ctrl+F1	'_SetMaximizedViewport Top
Ctrl+F2	'_SetMaximizedViewport Front
Ctrl+F3	'_SetMaximizedViewport Right
Ctrl+F4	'_SetMaximizedViewport Perspective
Ctrl+F5	!'_historypurge 'seldim _enter
Ctrl+F6	!_DragMode _ControlPolygon
Ctrl+F7	!_DragMode _Cplane

**Hinweis:** Sie finden den Makro-Befehl in **Macros.txt**, das im Modellsatz für Stufe 2 enthalten ist.

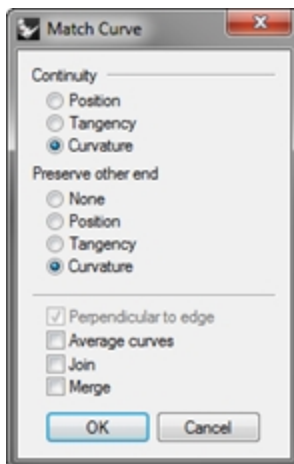
## Krümmungsstetigkeit

Die Anpassung von Punkten zum Herstellen der Krümmungsstetigkeit ist schwieriger als für die Tangentialität. Die Krümmung am Ende einer Kurve wird durch die Position der letzten drei Punkte auf der Kurve bestimmt und ihre Beziehung zueinander ist nicht so direkt wie für die Tangentialität.

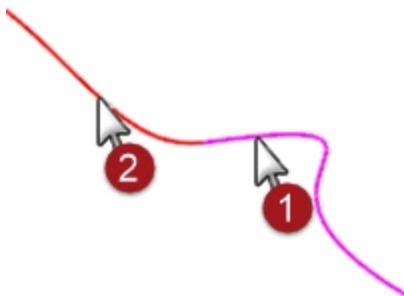
Um Krümmungs- oder G2-Stetigkeit zu etablieren, ist der Befehl **Anpassen** in den meisten Fällen die einzige praktische Lösung.

### Übung 5-4 Anpassung der Kurven

1. Verwenden Sie den Befehl **Anpassen** (*Menü Kurve: Bearbeitungswerkzeuge für Kurven > Anpassen*), um die magentafarbene (1) Kurve an die rote (2) Kurve anzupassen.
2. Setzen Sie die **Stetigkeit** auf **Krümmung**, **Anderes Ende beibehalten** ebenfalls auf **Krümmung** und deaktivieren Sie die Option **Durchschnittskurven**.

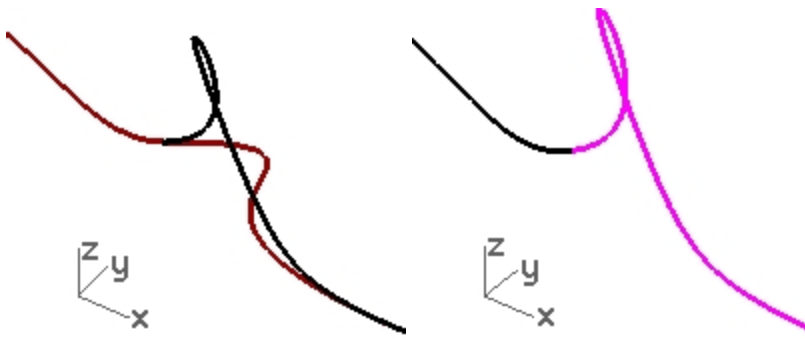


Wenn Sie den Befehl **Anpassen** mit aktivierter **Krümmung** auf den vorliegenden Kurven verwenden, wird der dritte zu ändernde Punkt auf der Kurve auf eine Position beschränkt, die von Rhino berechnet wird, um die gewünschte Stetigkeit zu erhalten.



Die zu ändernde Kurve wird in ihrer Form stark verändert.

Beim Verschieben des dritten Punktes von Hand wird die G2-Stetigkeit an den Enden unterbrochen, die G1-Stetigkeit bleibt jedoch erhalten.

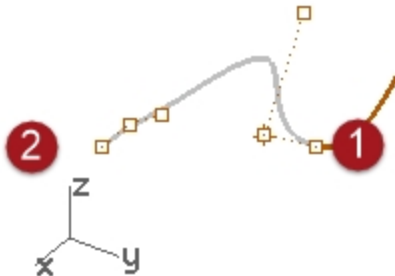


## Fortgeschrittene Techniken zur Stetigkeitsüberprüfung

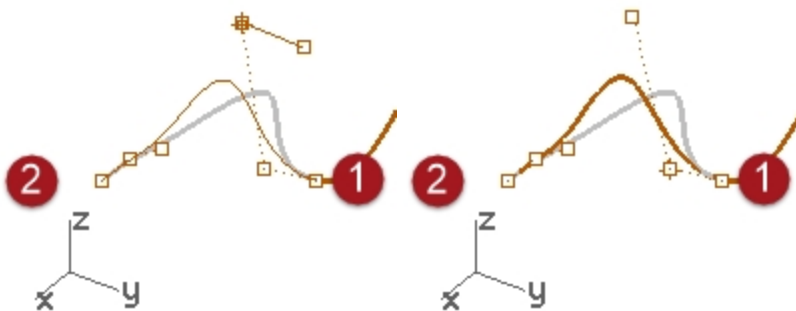
In Rhino gibt es zwei weitere Methoden zur Kurvenbearbeitung unter Beibehaltung der Stetigkeit. (1) Der Befehl **EndAusbuchtung** beschränkt Punkte auf das Ende, um die Stetigkeit mit der angrenzenden Kurve beizubehalten. (2) Durch Hinzufügen von Knoten wird mehr Flexibilität bei der Änderung der Kurvenform hinzugefügt.

### Bearbeitung der Kurve mit Endausbuchtung

1. **Klicken Sie mit der rechten Maustaste** auf die Schaltfläche **Kopieren**, um ein Duplikat der magentafarbenen Kurve zu erzeugen, und **sperrn** Sie diese.
2. Starten Sie den Befehl **EndAusbuchtung** (*Menü Bearbeiten: Endausbuchtung anpassen*).
3. Wählen Sie die magentafarbene Kurve aus.  
Wie Sie sehen können, werden nun mehr Punkte angezeigt, als auf der Originalkurve vorhanden waren. Der Befehl **EndAusbuchtung** fügt der Kurve weitere Kontrollpunkte hinzu, wenn ihre Anzahl unzureichend ist.



4. Wählen sie den dritten Punkt aus, verschieben Sie ihn und verlassen Sie den Befehl durch Drücken der Eingabetaste.  
Wenn die Kurve im Endpunkt über G2-Stetigkeit mit einer anderen Kurve verfügt, wird diese Stetigkeit beibehalten, weil durch die **EndAusbuchtung** die Krümmung im Endpunkt beibehalten wird.



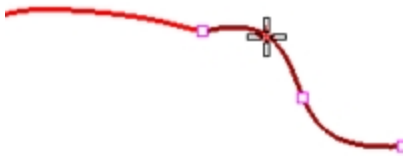
**Hinweis:** Die Anpassung der Kontrollpunkte zur Krümmungsregulierung funktioniert nur im einfachen Fall, dass diese auf einer Geraden liegen.

## Hinzufügen eines Knotens

Wenn Sie der Kurve einen oder zwei Knoten hinzufügen, werden mehr Punkte in die Nähe des Endes gelegt, so dass sich der dritte Punkt näher am Ende befinden wird. Die Knoten werden mit dem Befehl **KnotenEinsetzen** den Kurven und Flächen hinzugefügt.

1. Machen Sie die vorherigen Anpassungen **rückgängig**.
2. Starten Sie den Befehl **KnotenEinsetzen** (*Menü Bearbeiten: Kontrollpunkte > Knoten einsetzen*).
3. Wählen Sie die magentafarbene Kurve aus.
4. Setzen Sie einen Knoten zwischen den ersten beiden Knoten ein.

Im Allgemeinen verhält sich eine Kurve oder Fläche bei der Punktbearbeitung besser, wenn die neuen Knoten auf halber Strecke zwischen bestehenden Knoten platziert werden und dabei einer einheitlichen Verteilung folgen. Beim Hinzufügen von Knoten werden auch Kontrollpunkte hinzugefügt.

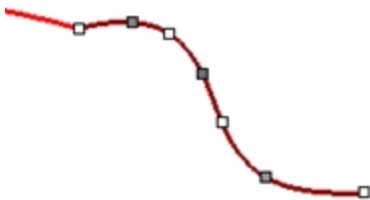


Knoten und Kontrollpunkte sind nicht dasselbe und neue Kontrollpunkte werden nicht genau an derselben Position wie der entsprechende Knotenpunkt eingefügt.

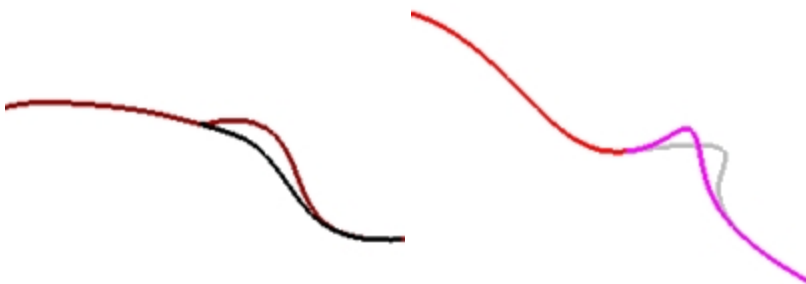
Die Option **Automatisch** fügt automatisch einen neuen Knoten genau auf halber Strecke zwischen bestehenden Knoten ein.

Wenn Sie nur an einigen Segmenten Knoten einfügen möchten, sollten Sie diese einzeln platzieren, indem Sie auf die gewünschten Stellen entlang der Kurve klicken.

Bestehende Knoten sind weiß hervorgehoben.



5. Nach Einfügung eines Knotens in die magentafarbene Kurve müssen Sie die Kurven **anpassen**. Wenn Knoten näher am Ende der Kurven eingefügt werden, ändert der Befehl **Anpassen** die Kurve stärker.



# Kapitel 6 - Flächenstetigkeit

Die Stetigkeitseigenschaften für Kurven können für Flächen angewendet werden. Anstatt sich nur auf einen Endpunkt sowie den zweiten und dritten Punkt einer Kurve zu konzentrieren, werden in diesem Fall die gesamte Punktreihe der Kante sowie die nächsten beiden Punktfolgen in die Berechnungen einbezogen. Die Werkzeuge zur Überprüfung der Stetigkeit zwischen Flächen unterscheiden sich vom einfachen Befehl **GeometrischeStetigkeit**.

## Analyse der Flächenstetigkeit

Rhino nutzt die OpenGL-Anzeigefähigkeiten, um eine Falschfarbenanzeige zur Überprüfung von Krümmung und Stetigkeit innerhalb und zwischen Flächen zu erzeugen. Diese Werkzeuge befinden sich im Menü **Analysieren** unter **Fläche**. Das Werkzeug, das G0-G2-Stetigkeit zwischen Flächen am besten misst, ist der Befehl **Lichtlinien**. Die Lichtlinienanalyse simuliert die Reflexion eines gestreiften Hintergrunds auf der Fläche.

**Hinweis:** Sie benötigen keine OpenGL-Beschleunigerkarte, um diese Werkzeuge zu verwenden, obwohl diese mit OpenGL-Beschleunigung schneller arbeiten.

## Flächenstetigkeit anpassen

Der Befehl zur Herstellung von G0-, G1- oder G2-Stetigkeit zwischen Flächen ist **FlächeAnpassen**.

### Optionen zum Anpassen der Fläche

Option	Beschreibung
Durchschnittsflächen	Beide Flächen werden auf eine Durchschnittsform geändert.
Anpassen verfeinern	Bestimmt, ob die Resultate der Anpassung auf Genauigkeit überprüft und verfeinert werden sollen, damit die Flächen auf einer bestimmten Toleranz übereinstimmen.
Kanten an nächstliegende Punkte anpassen	Die geänderte Fläche wird an der Kante ausgerichtet, an der sie angepasst wird, indem jeder Kantenpunkt zum nächstliegenden Punkt der anderen Kante gezogen wird.
Anderes Ende beibehalten	Wenn die Punkte der Fläche nicht ausreichen, wird ihr Grad so lange erhöht (bis max. 5), bis genügend Punkte vorhanden sind.

### Anpassung der Isokurvenrichtung

Gibt die Art wieder, in der die Parametrisierung der übereinstimmenden Flächen bestimmt wird.

Option	Beschreibung
Automatisch	Bewertet die Zielkante, verwendet danach Isokurvenrichtung anpassen, wenn es eine ungetrimmte Kante ist, oder Rechtwinklig zur Zielkante ausrichten, wenn es eine getrimmte Kante ist.
Isokurvenrichtung beibehalten	Behält die bestehende isoparametrische Kurvenrichtungen so gut wie möglich gleich bei, wie sie in der Fläche vor der Anpassung waren.
Isokurvenrichtung anpassen	Richtet die Isokurven der angepassten Fläche parallel zu denjenigen der anderen Fläche aus.
Rechtwinklig zur Zielkante ausrichten	Richtet die Isokurven der angepassten Fläche orthogonal zu denjenigen der anderen Fläche aus.

### Flächenstetigkeit und FlächeAnpassen

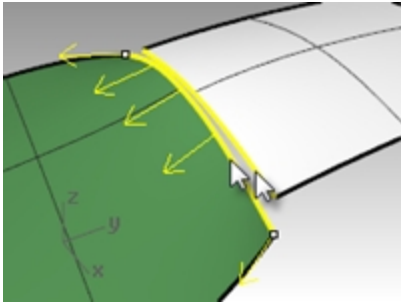
Der Befehl **FlächeAnpassen** nimmt die Flächenkanten als Input und ändert eine oder beide Flächen ab. Bei Ausführung des Befehls muss genau angegeben werden, welche Kante geändert und welche Kante anschließend an die Zielfläche angepasst werden soll. Zuerst passen wir die Kante der weißen Fläche an die grüne an. Sowohl die zu ändernde Kante als auch diejenige, an die erstere angepasst wird, sind auf diesen Flächen ungetrimmt.

Während **FlächeAnpassen** im Allgemeinen dazu verwendet wird, Flächen anzupassen, die die gewünschte Stetigkeit schon annähernd aufweisen, zeigt das folgende Beispiel einen bewusst übertriebenen Fall, um die Funktionen und Optionen eindeutig vor Augen zu führen.

### Übung 6-1 Anpassung der Flächenstetigkeit üben

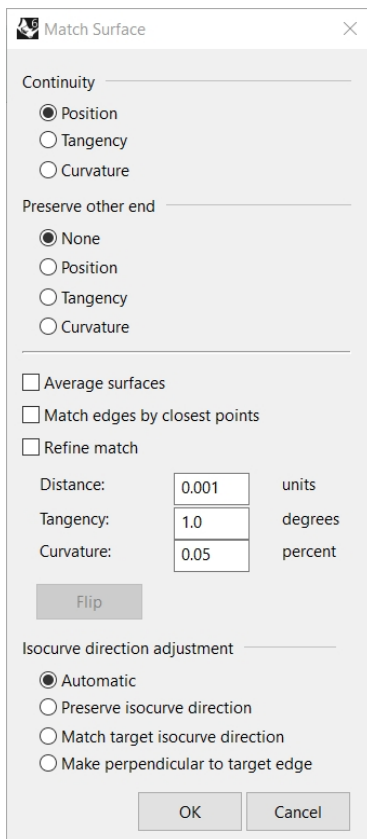
1. Öffnen Sie das Modell **Flächenstetigkeit.3dm**.

- Starten Sie den Befehl **FlächeAnpassen** (Menü *Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > Anpassen*).
- Wählen Sie die Kante der weißen Fläche aus, die der grünen Fläche am nächsten ist.
- Wählen Sie die Kante der grünen Fläche in der Nähe derselben Position des Auswahlpunkts auf der Kante der weißen Fläche und drücken Sie **Enter**.



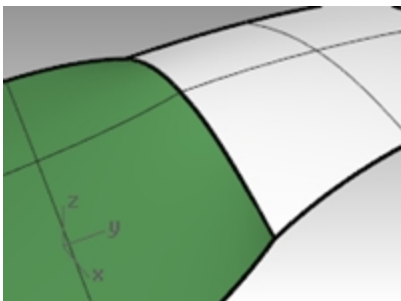
- Im Dialogfenster **Fläche anpassen** wählen Sie **Position** für die **Stetigkeit**, wählen Sie **Nichts** für **Anderes Ende beibehalten**, deaktivieren Sie die Option **Anpassen verfeinern** und für **Isokurvenrichtung anpassen** wählen Sie **Automatisch**.

Lassen Sie alle anderen Kästchen frei.



- Es wird automatisch eine schattierte Vorschau erzeugt, sodass Sie sehen können, wie das Resultat aussehen wird.
- Klicken Sie auf **OK**.

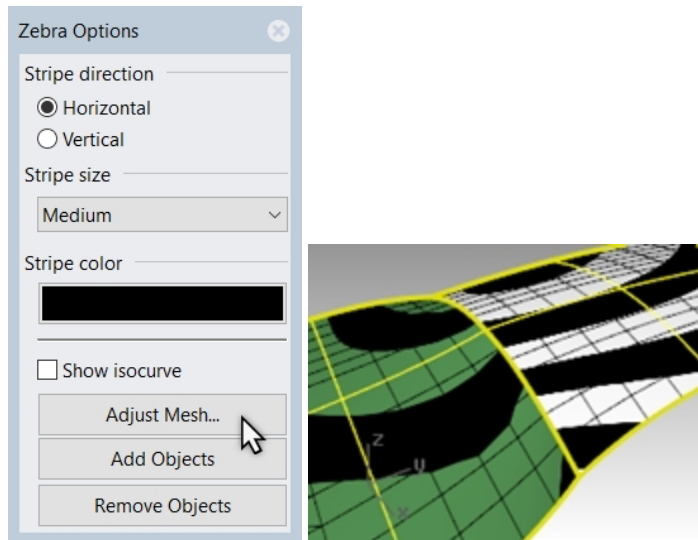
Die Kante der weißen Fläche wird hinübergezogen, um mit der Kante der grünen Fläche übereinzustimmen.





## Prüfung der Stetigkeit mit der Lichtlinienanalyse

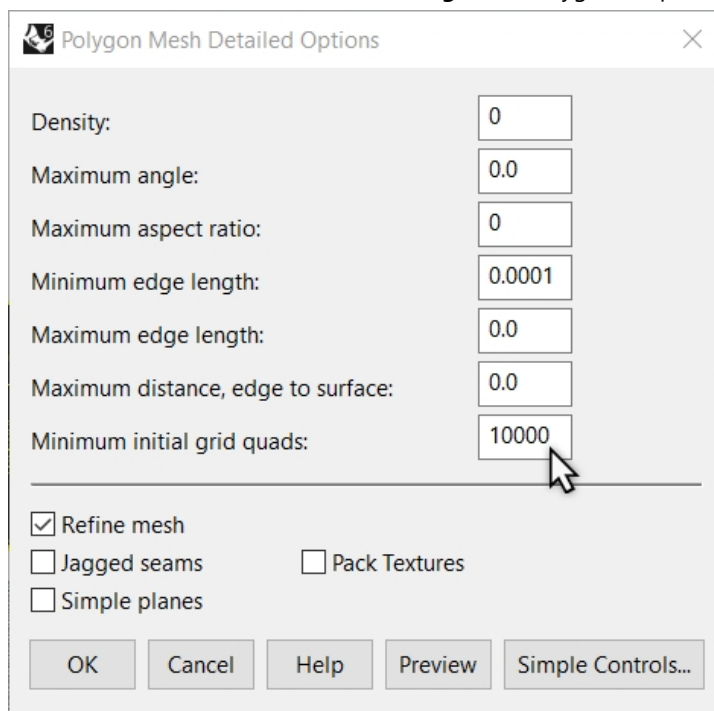
- Überprüfen Sie die Flächen mit dem Analysewerkzeug **Lichtlinien** (Menü *Analysieren: Fläche > Lichtlinien*). Dieser Befehl ist auf eine Polygonnetzannäherung der Fläche für die Anzeigeeinformation angewiesen. Das durch den Befehl **Lichtlinien** generierte Polygonnetz könnte zu grob sein, um eine gute Flächenanalyse zu erhalten. Wenn die Anzeige statt glatter Streifen auf jeder Fläche sehr eckige Streifen aufweist, klicken Sie auf die Schaltfläche **Polygonnetz anpassen** im Dialogfenster der **Lichtlinienoptionen**.



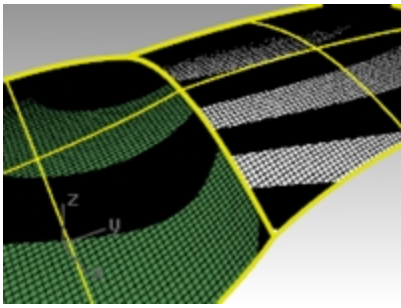
Das Analysepolygonnetz sollte im Allgemeinen feiner als das normale Schattierungs- und Renderpolygonnetz sein.

Es ist empfehlenswert, diese Polygonnetze einzustellen, wenn Sie die Flächenanalyse in einem Modell zum ersten Mal verwenden. Diese Einstellung wird in der Datei gespeichert.

- Verwenden Sie die **detaillierten Steuerungen** um Polygonnetzparameter einzustellen.



Für diese Art Polygonnetz ist es oft einfacher, den maximalen Winkel auf Null einzustellen (zu deaktivieren) und sich ganz auf die Einstellung unter Minimale Quadrate des anfänglichen Gitters verlassen. Diese Zahl kann sehr hoch sein, hängt aber auch von der betreffenden Geometrie ab.



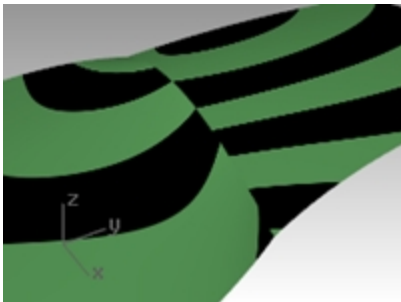
In diesem Beispiel generiert eine Einstellung von 5000 bis 10000 ein besonders feines und genaues Polygonnetz. Die Analyse kann weiter verbessert werden, indem die Flächen, die getestet werden, verbunden werden.

3. **Verbinden** Sie die beiden Flächen.

So wird eine Verfeinerung des Polygonnetzes entlang der verbundenen Kante erzwungen und die Lichtlinien verhalten sich konsistenter.

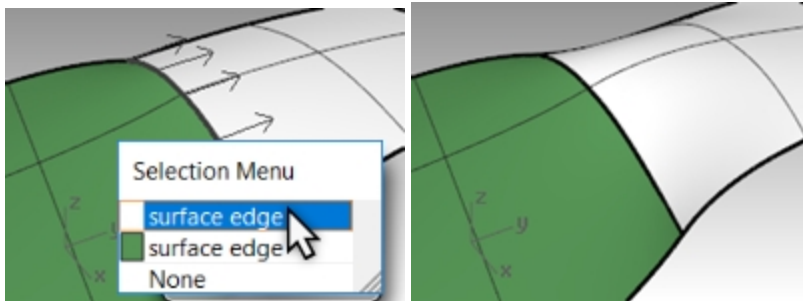
Es gibt keine besondere Beziehung zwischen den Streifen beider Flächen, außer dass sie sich berühren, was bedeutet, dass sie G0-Stetigkeit haben.

4. **Machen** Sie das **Verbinden rückgängig**.

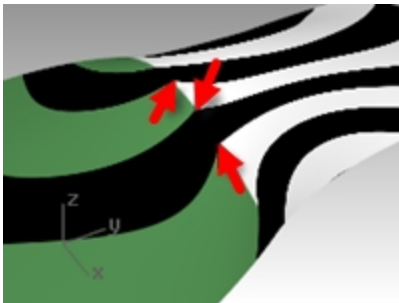


## Anpassung der Fläche an die Tangentialität

1. Verwenden Sie den Befehl **FlächeAnpassen** (*Menü Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > Anpassen*) und aktivieren Sie dieses Mal für die **Stetigkeit** die Option **Tangentialität**.  
Wenn Sie die anzupassende Kante auswählen, erscheinen Richtungspfeile, die anzeigen, welche Flächenkante ausgewählt wurde. Die Fläche, in deren Richtung die Pfeile zeigen, ist die Fläche, deren Kante ausgewählt wurde.

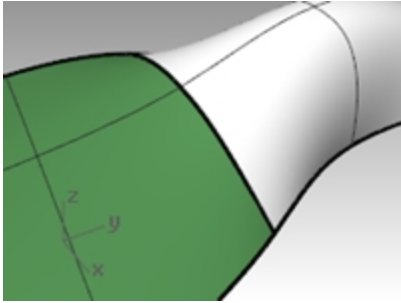


2. Überprüfen Sie die Flächen mit der **Lichtlinienanalyse**.
3. Drehen Sie die Ansicht zur Untersuchung der Naht.  
Die Streifenenden einer Fläche treffen in einem Winkel sauber auf die Streifenenden der anderen Fläche.  
Das zeigt G1-Stetigkeit an.

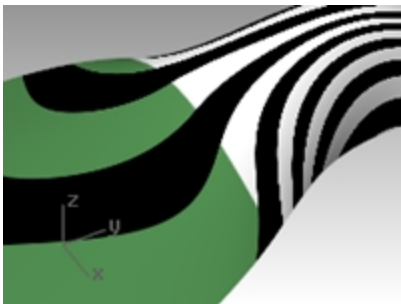


## Anpassung der Fläche an die Krümmung

1. Verwenden Sie den Befehl **FlächeAnpassen** (*Menü Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > Anpassen*) mit der Option **Krümmung**.



2. Überprüfen Sie die Flächen mit der **Lichtlinienanalyse**.  
Die Streifen gehen nun sauber über die Naht. Jeder Streifen ist sauber mit dem Gegenstück auf der anderen Fläche verbunden.  
Das zeigt Krümmungstetigkeit (G2) an.



**Hinweis:** Die Ausführung dieser Operationen nacheinander kann andere Resultate erzielen, als die direkte Einstellung der Krümmungstetigkeit ohne vorherige Positionstetigkeit. Der Grund dafür ist, dass jede Operation die Fläche nahe der Kante ändert, so dass die folgende Operation eine andere Ausgangsfläche hat.

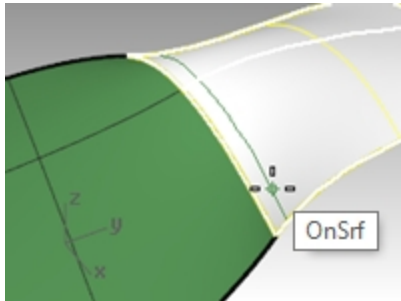
## Hinzufügen von Knoten zur Steuerung der Flächenanpassung

Wie bei der Kurvenanpassung kann der Befehl FlächeAnpassen manchmal die Flächen zu stark verformen, um die gewünschte Stetigkeit zu erhalten. Um den Einfluss des Befehls FlächeAnpassen einzuschränken, werden wir den Flächen einige Knoten hinzufügen. Die neuen zweiten und dritten Punktreihen befinden sich dann näher an der Flächenkante.

Flächen können auch mit dem Befehl **EndAusbuchtung** angepasst werden.

## Hinzufügen eines Knotens zu einer Fläche

1. Machen Sie die vorherige Operation **rückgängig**.
2. Verwenden Sie den Befehl **KnotenEinsetzen** (*Menü Bearbeiten: Kontrollpunkte > Knoten einsetzen*) zum Einsetzen einer Reihe von Knoten nahe dem Ende der weißen Fläche.  
Wenn dieser Befehl auf einer Fläche verwendet wird, verfügt er über mehr Optionen.  
Sie können eine Knotenreihe in die U-Richtung, V-Richtung oder in beiden Richtungen einsetzen.  
Wählen Sie **Symmetrisch** aus, um Knoten an den entgegengesetzten Enden einer Fläche einzufügen.
3. Verwenden Sie den Befehl **FlächeAnpassen**, um die Fläche krümmungsstetig an die andere anzupassen.  
Beachten Sie, dass die neu angepasste Fläche sich nun von der alten unterscheidet.



## Verwendung von EndAusbuchtung zum Bearbeiten der Flächenform

Mit dem Befehl **EndAusbuchtung** können Sie die Form einer Fläche bearbeiten, ohne die tangentialen Richtung und die Krümmung an der Flächenkante ändern zu müssen. Das ist hilfreich, wenn Sie die Form einer Fläche ändern müssen, die an eine andere Fläche angepasst wurde.

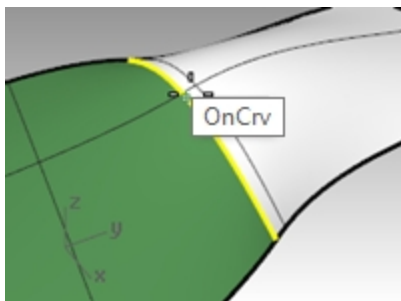
Mit dem Befehl **EndAusbuchtung** können Sie Kontrollpunkte an eine bestimmte Position auf der Fläche verschieben. Diese Punkte werden einem Pfad entlang beschränkt, der verhindert, dass Richtung und Krümmung geändert werden.

Die Fläche kann gleichmäßig entlang der gesamten Kante oder entlang eines Abschnitts der Kante angepasst werden. Im letzteren Fall findet die Anpassung am definierten Punkt statt und wird an einem beliebigen Ende des Bereichs auf Null verjüngt. Start- oder Endpunkt des Bereichs können mit dem anzupassenden Punkt übereinstimmen und zwingen dabei den Bereich, vollständig auf einer Seite des Anpassungspunktes zu liegen.

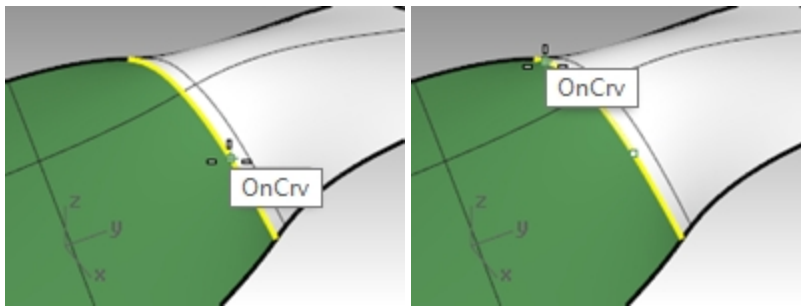
### Anpassung der Fläche mittels EndAusbuchtung

1. Starten Sie den Befehl **EndAusbuchtung** (*Menü Bearbeiten: Endausbuchtung anpassen*).
2. Als anzupassende Flächenkante wählen Sie die Kante der rechten Fläche.
3. Als **Punkt zum Bearbeiten** wählen Sie einen Punkt auf der Kante, an dem die tatsächliche Anpassung gesteuert wird.

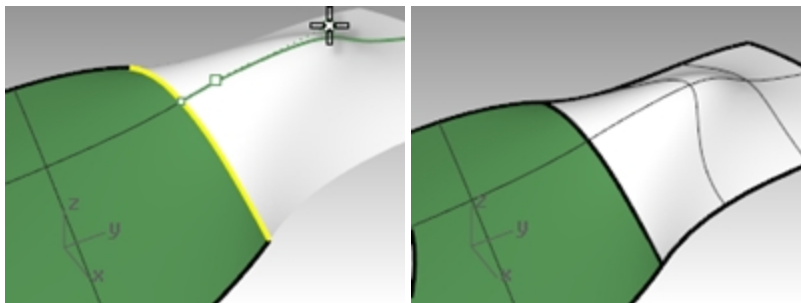
Sie können Objektfänge und Referenzgeometrie verwenden, um einen Punkt präzise auszuwählen.



4. Wählen Sie als **Anfang der Region zum Bearbeiten** einen Punkt entlang der gemeinsamen Kanten aus, um den Bereich zum Anpassen zu definieren.
5. Wählen Sie als **Ende der Region zum Bearbeiten** einen weiteren Punkt aus.  
Um an diesem Punkt einen Bereich auszuwählen, schieben Sie den Mauszeiger entlang der Kante und klicken Sie auf die Start- und Endpunkte des Bereichs. Wenn die gesamte Kante gleichmäßig angepasst werden soll, drücken Sie **Enter**.



6. Als **anzupassenden Punkt** wählen Sie einen der angezeigten Punkte.  
Rhino zeigt drei Punkte an, von denen Sie nur zwei bearbeiten können. Wenn Sie den zweiten Punkt verschieben, sollten Sie darauf achten, dass Rhino zur Erhaltung der Stetigkeit auch den dritten Punkt verschiebt. Wenn Sie den dritten Punkt verschieben, wird dadurch der zweite nicht bearbeitet.
7. Ziehen Sie den Punkt und klicken Sie, um die Fläche anzupassen.



Wenn die Beibehaltung der Anpassungsbedingungen der G2-Krümmung an der Kante nicht nötig ist, verwenden Sie die Option **Stetigkeit=Tangentialität**, um einen der zwei zur Bearbeitung erhältlichen Punkte zu deaktivieren. Nur G1 wird beibehalten.

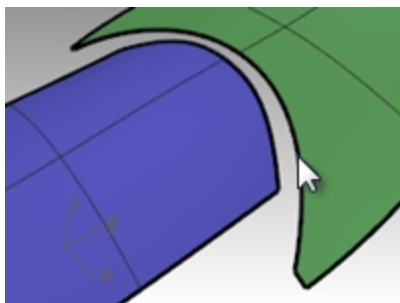
8. Drücken Sie die Eingabetaste, um den Befehl zu beenden.

## Flächen anpassen

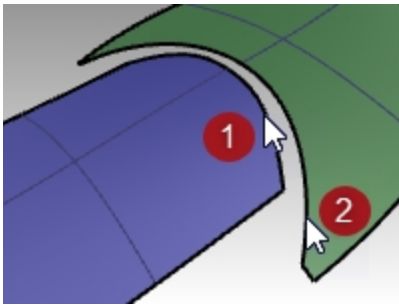
Mit dem Befehl **FlächeAnpassen** ist es nicht möglich, eine getrimmte Kante an eine ungetrimmte Kante anzupassen. Der Vorgang geschieht vielmehr von der ungetrimmten zur getrimmten Kante.

### Anpassung einer ungetrimmten Fläche an eine getrimmte Fläche

1. Stellen Sie die Ebene **Fläche 1** als aktuelle Ebene ein.
2. Starten Sie den Befehl **FlächeAnpassen** (*Menü Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > Anpassen*).
3. Wählen Sie die Kante der grünen Fläche, die der blauen Fläche am nächsten liegt.  
Die Kante wird nicht ausgewählt.

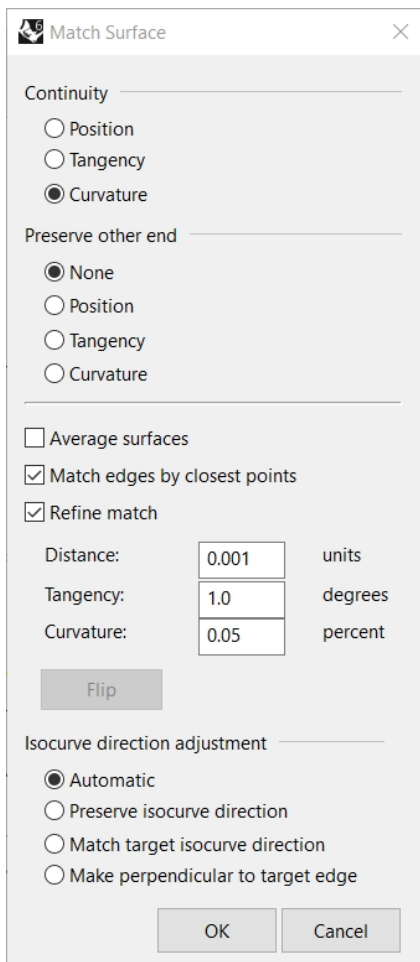


4. Wählen Sie stattdessen die ungetrimmte Kante (1) der blauen Fläche, die der grünen Fläche am nächsten ist. Wählen Sie die getrimmte Kante (2) der grünen Fläche in der Nähe des Auswahlpunkts auf der Kante der blauen Fläche aus.



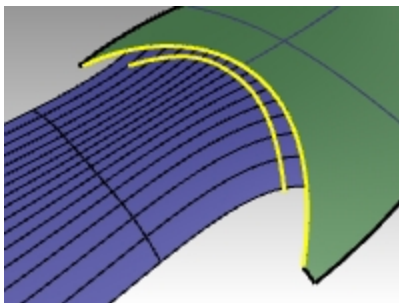
5. Wählen Sie im Dialogfenster **Fläche anpassen** den Wert **Krümmung** für die **Stetigkeit**, dann wählen Sie **Nichts** für **Anderes Ende beibehalten**, aktivieren Sie die Option **Kanten an nächstliegende Punkte anpassen** und für die **Anpassung der Isokurvenrichtung** wählen Sie **Automatisch**.

Lassen Sie alle anderen Kästchen unmarkiert.

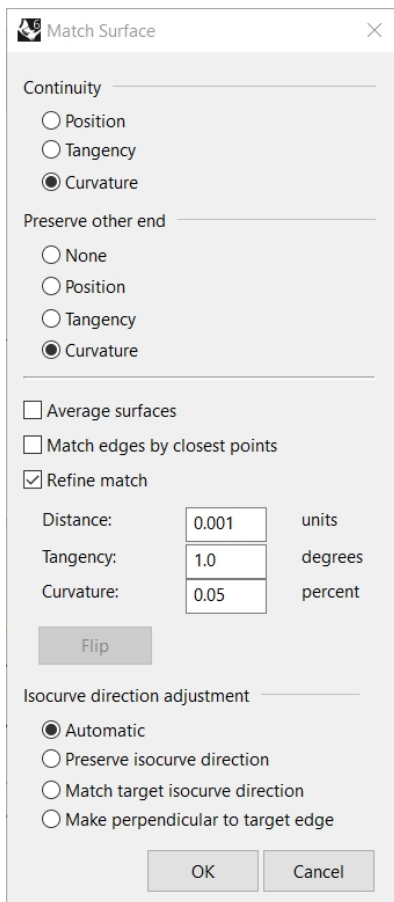


Es wird automatisch eine Vorschau erzeugt, sodass Sie sehen können, wie das Resultat aussehen wird.

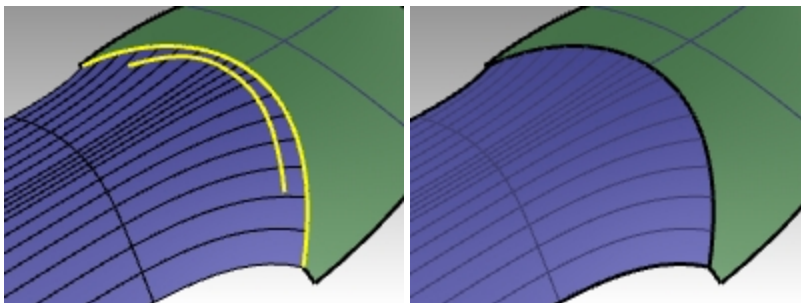
Beachten Sie, dass die blaue Fläche nicht die gesamte ungetrimmte Kante der grünen Fläche umfasst. Sie wird nur bis zum nächstliegenden Punkt der ursprünglichen Fläche verlängert.



- Deaktivieren Sie im Dialogfenster **Fläche anpassen** die Option **Kanten an nächstliegende Punkte anpassen** und aktivieren Sie die Option **Anpassen verfeinern**.
- Schalten Sie zwischen den Optionen **Anpassung der Isokurvenrichtung** und **Anderes Ende beibehalten** hin und her und beobachten Sie, was mit der angepassten Fläche passiert.



- Klicken Sie zum Abschluss auf **OK**.



## Flächenbefehle, die die Stetigkeit beachten

Rhino verfügt über verschiedene Befehle zur Erzeugung von Flächen, bei denen die Kanten anderer Flächen als Eingabekurven verwendet werden. Diese Befehle können Flächen mit G1- oder G2-Stetigkeit zu diesen angrenzenden Flächen erzeugen. Es handelt sich um folgende Befehle:

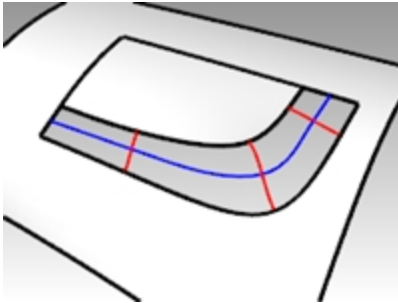
- Netzwerkfläche
- Aufziehen2Leitkurven
- Füllfläche (nur G1)
- Loft (nur G1)
- FlächenÜberblenden (G1 bis G4)

In den folgenden Übungen erhalten Sie einen kleinen Überblick über diese Befehle.

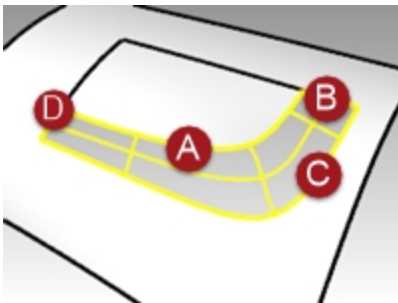


## Übung 6-2 Eine Fläche aus einem Kurvennetzwerk erzeugen

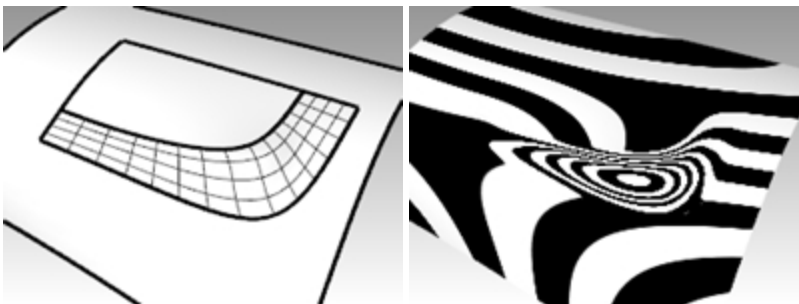
1. Öffnen Sie das Modell **Befehle Stetigkeit.3dm**.  
Auf der Ebene **Flächen** wurden zwei verbundene Fläche getrimmt und haben eine Lücke hinterlassen. Diese Lücke muss unter Beibehaltung der Stetigkeit zu den umgebenden Flächen geschlossen werden.
2. Aktivieren Sie die Ebene **Netzwerk** und wählen Sie sie als aktuelle Ebene aus.  
Mehrere bereits vorhandene Kurven bestimmen die benötigten Querschnittskurven der Fläche.
3. Verwenden Sie den Befehl **NetzwerkFläche** (*Menü Fläche: Kurvennetzwerk*), um die Öffnung mit einer ungetrimmten Fläche zu schließen, wobei die Flächenkurven und -kanten als Eingabekurven dienen.



4. Bei Anzeige der Option **Kurven in Netzwerk auswählen** wählen Sie die vier Kanten um die Öffnung sowie die vier Kurven innerhalb der Öffnung und drücken Sie die **Eingabetaste**.  
Beachten Sie, dass Sie nicht mehr als vier Randkurven eingeben können. Sie können von den Eingabekurven auch Toleranzen oder die maximale Abweichung der Fläche bestimmen.  
Die Toleranzen der Kante sind standardmäßig die gleichen wie die Einstellung der **absoluten Toleranz** des Modells. Die Toleranz der internen Kurven ist 10 Mal freier eingestellt als die standardmäßige.

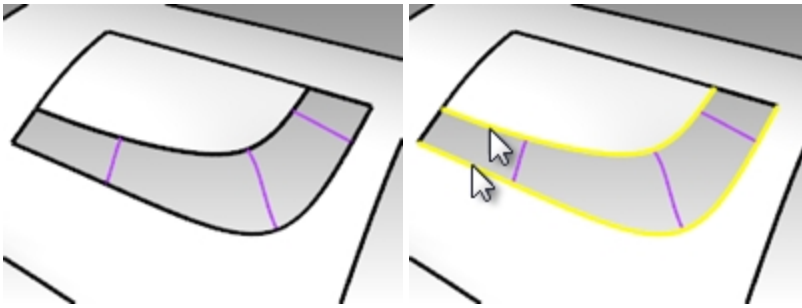


5. Wählen Sie im Dialogfenster **Fläche aus Kurvennetzwerk** als Stetigkeitseinstellung aller vier Kanten **Krümmung** aus und klicken Sie auf **OK**.  
Die erzeugte Fläche weist an allen vier Kanten Krümmungsstetigkeit auf.
6. Überprüfen Sie die erhaltene Fläche mit der **Lichtlinienanalyse**.

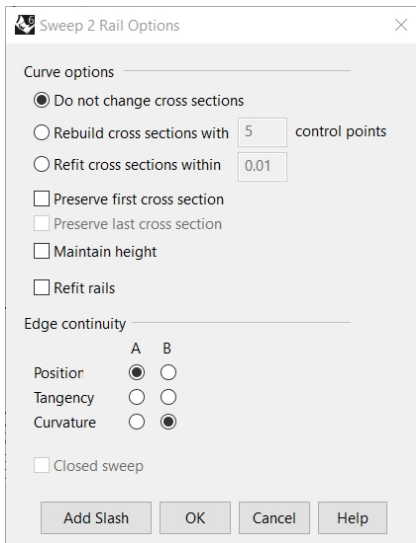


## Aufziehen einer Fläche an zwei Leitkurven

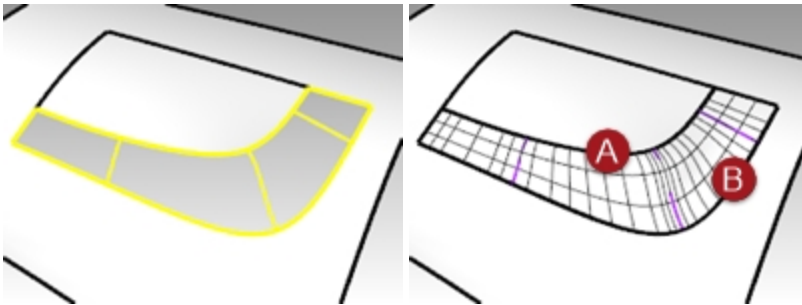
1. Verwenden Sie den Befehl **EineEbeneEin**, um erneut die Ebene Flächen allein zu öffnen, klicken Sie dann in das Feld für die Ebenen in der Statusleiste und wählen Sie die Ebene **Aufziehen2Leitkurven** aus.
2. Starten Sie den Befehl **Aufziehen2Leitkurven** (*Menü Fläche: Aufziehen an 2 Leitkurven*) und wählen Sie die langen Flächenkanten als Leitkurven aus.



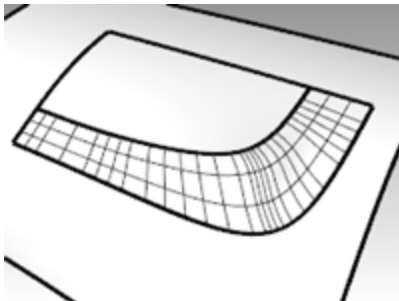
3. Wählen Sie eine kurze Kante, die Querschnittskurven und die andere kurze Kante als Profilkurven aus.
4. Wählen Sie **Krümmung** für beide Optionen der **Leitkurve** aus.



Da die Leitkurven Flächenkanten sind, kennzeichnet die Anzeige die Kanten und das Dialogfenster **Optionen Aufziehen 2 Leitkurven** bietet die Option, die Stetigkeit an diesen Kanten beizubehalten.



5. Klicken Sie auf **OK**.
6. Überprüfen Sie die erhaltene ungetrimmte Fläche mit der **Lichtlinienanalyse**.



## Eine Füllfläche erzeugen

Der Befehl **Füllfläche** erzeugt eine getrimmte Fläche, wenn die Begrenzungskurven eine geschlossene Schlaufe bilden. Füllflächen können G1-Stetigkeit aufweisen, wenn die Begrenzungskurven Kanten sind. Merkmale des Befehls

### Füllfläche:

- Als Input können unbegrenzt Kurven oder Punkte verwendet werden
- Die Störung vieler Kontrollpunkte wird ignoriert
- Eignet sich gut für gescannte Daten
- Eignet sich für Reverse Engineering

### Erzeugung einer Füllfläche

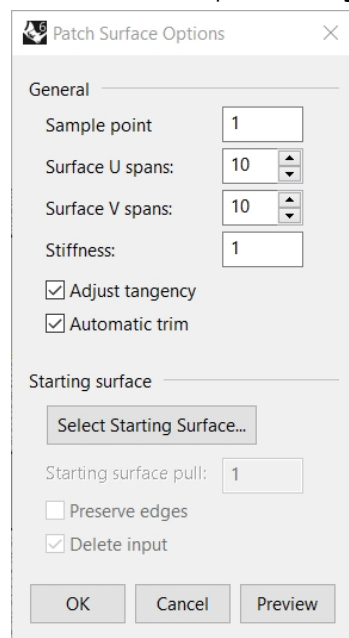
1. Aktivieren Sie die Ebenen **Flächen** und **Füllfläche**.
2. Deaktivieren Sie alle anderen Ebenen.
3. Starten Sie den Befehl **Füllfläche** (*Menü Fläche: Füllfläche*).
4. Wählen Sie die Randkurven und internen Kurven aus und drücken Sie die **Eingabetaste**.
5. Stellen sie im Dialogfenster **Optionen der Füllfläche** die folgenden Optionen ein:

Stellen Sie den **Abstand zwischen Beispielpunkten** auf **1.0** ein.

Setzen Sie **Steifheit** auf **1**.

Setzen Sie die **Segmente der U- und V-Fläche** auf **10**.

Aktivieren Sie die Optionen **Tangentialität anpassen** und **Automatisch trimmen** und klicken Sie auf **OK**.



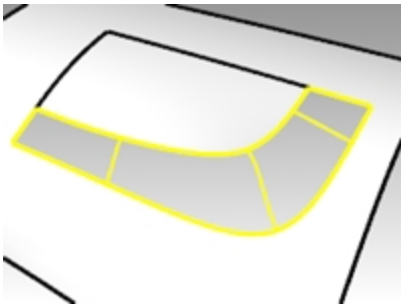
Der Abstand **zwischen Beispielpunkten** definiert den nominalen Abstand entlang der Eingabekurve zwischen Beispielpunkten. Das Minimum sind acht Punkte pro Kurve.

Der Wert **Segmente der U- und V-Fläche** definiert die Segmente für die Füllfläche. Der Standardwert beträgt 10 Segmente sowohl für die U- als auch die V-Richtung.

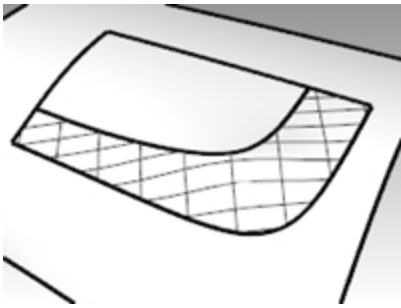
Der **Steifheitswert** dient Rhino als Hilfe zum Erstellen der Füllfläche, indem zuerst die beste Ebene (EbeneDurchPunkt) durch die ausgewählten Punkte und Beispielpunkte entlang Kurven gefunden wird. Dann kann sich die Fläche verformen, um mit den Punkten und Beispielpunkten übereinzustimmen. Der Steifheitswert gibt an, wie stark sich diese Ebene verformen darf. Je größer die Zahl, desto "steifer", rechteckiger und planarer wird die Fläche.

**Tangentialität anpassen** zum Anfügen an die tangential Richtung von Flächen, wenn die Eingabekurven Kanten von bestehenden Flächen sind.

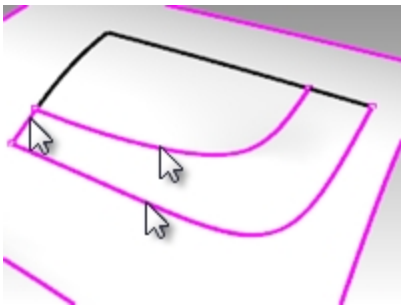
**Vorschau** um das Resultat zu überprüfen.



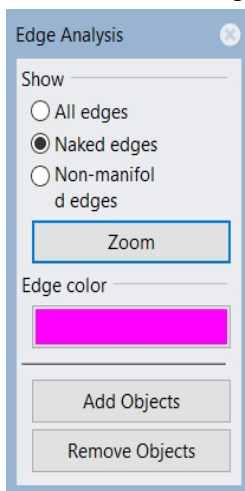
6. **Verbinden** Sie die Flächen.



7. Verwenden Sie den Befehl **KantenAnzeigen** (Menü *Analysieren: Kantenwerkzeuge > Kanten anzeigen*) um offene Kanten anzuzeigen.



Wenn offene Kanten zwischen der neuen Füllfläche und dem bestehenden Flächenverband vorhanden sind, müssen die Einstellungen feiner eingestellt werden.



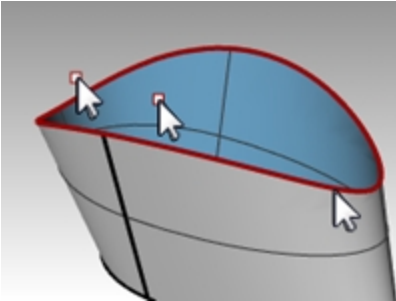
8. Unterziehen Sie das Ergebnis mittels **Lichtlinienanalyse** einer Sichtprüfung.

### Optionen der Füllfläche

Der Befehl **Füllfläche** kann sowohl Punktobjekte als auch Kurven und Flächenkanten als Eingabe verwenden. In dieser Übung werden wir Punkt- und Kanteneingaben verwenden, um das Einstellungsmerkmal **Steifheit** vorzustellen.

### Übung 6-3 Erstellung einer Füllfläche aus einer Kante und Punkten

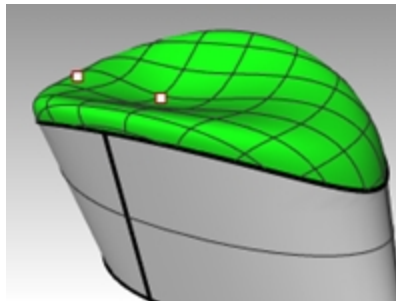
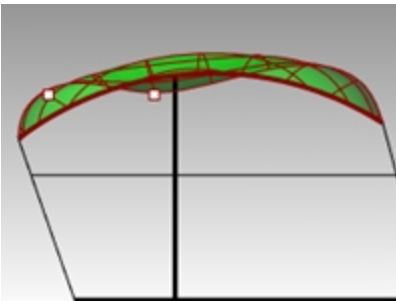
1. Öffnen Sie das Modell **Optionen Füllfläche.3dm**.
2. Starten Sie den Befehl **Füllfläche** (*Menü Fläche: Füllfläche*) und wählen Sie zwei Punktobjekte sowie die obere Kante der Fläche als Eingabe aus.
3. Aktivieren Sie die Optionen **Tangentialität anpassen** sowie **Automatisch trimmen** und stellen Sie die **Segmente der Fläche** auf **10** in jede Richtung ein.
4. Um eine gute Sicht der beiden Punktobjekte zu erhalten, wechseln Sie in das Ansichtsfenster **Front** und stellen Sie es auf Gitternetz oder Halbtransparent ein.
5. Setzen Sie die **Steifheit** auf **0.1** und klicken Sie auf die Schaltfläche **Vorschau**.



Mit einer niedrigeren Einstellung für Steifheit passt die Fläche durch die Punkte, während die Tangentialität an der Flächenkante beibehalten wird. Dies kann abrupe Änderungen oder Falten in der Fläche zur Folge haben.

6. Setzen Sie die **Steifheit** auf **5** und klicken Sie erneut auf die Schaltfläche **Vorschau**.  
Mit höheren Einstellungen für Steifheit wird die Füllfläche steifer gemacht und passt möglicherweise nicht durch Eingabegeometrie. Andererseits weist die Fläche tendenziell weniger abrupe Änderungen oder Falten auf und erzeugt dadurch oftmals eine glattere, bessere Fläche.

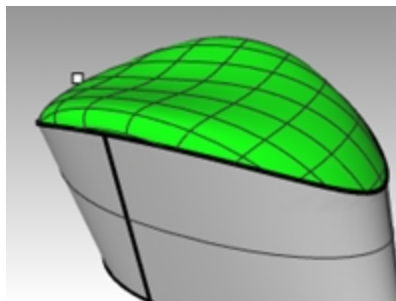
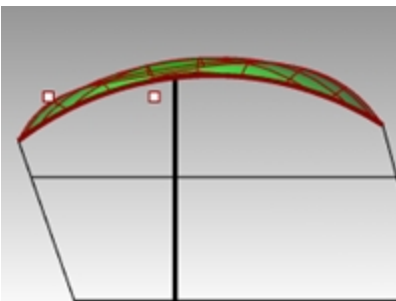
Mit hohen Werten für Steifheit können die Kanten auch eine Tendenz aufweisen, sich von den erwarteten Ausgangskurven wegzudrehen.



Höhere Steifheit = die erhaltene Fläche ist rechteckiger und planarer

Niedrigere Steifheit = die erhaltene Fläche ist weicher (glatter)

Mehr Segmente = höhere Dichte der Kontrollpunkte



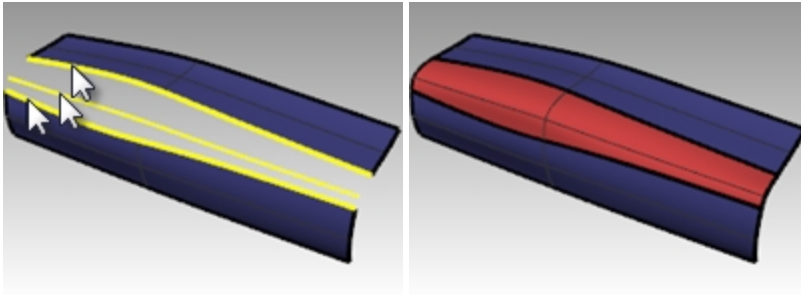
### Loften

Der Befehl **Loft** verfügt ebenfalls über Optionen für Flächenstetigkeit.

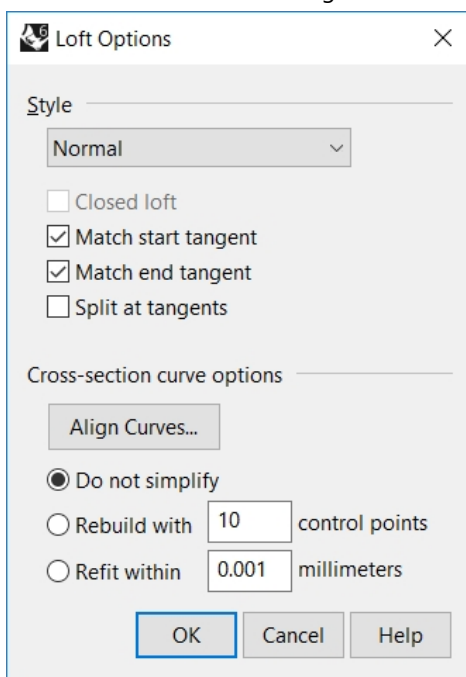
### Übung 6-4 Eine geloftete Fläche erzeugen

1. Öffnen Sie das Modell **Loft.3dm**.
2. Starten Sie den Befehl **Loft** (*Menü Fläche: Loft*).

- Wählen Sie die untere Kante, die Kurve in der Mitte sowie die obere Kurve und bestätigen Sie mit **Enter**. Klicken Sie bei der Auswahl der Kurven nahe dem gleichen Ende derselben. So stellen Sie sicher, dass die Fläche keine Verdrehung enthält.



- Setzen Sie im Dialogfenster der **Loftoptionen** den Wert für **Stil** auf **Normal** und aktivieren Sie die Optionen **Starttangente anpassen** und **Endtangente anpassen**.
- Drücken Sie zum Abschließen die **Eingabetaste**. Die neue Fläche weist G1-Stetigkeit mit den ursprünglichen Flächen auf.

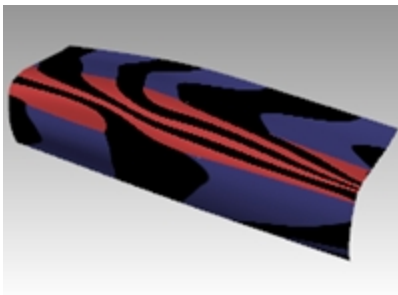
**Stil:**

Verringert — ähnlich einer Kontrollpunktkurve

Gerade — ähnlich einer Polylinie

Normal/Exakt — ähnlich einer interpolierten Kurve

- Überprüfen Sie das Ergebnis mit der **Lichtlinienanalyse**.

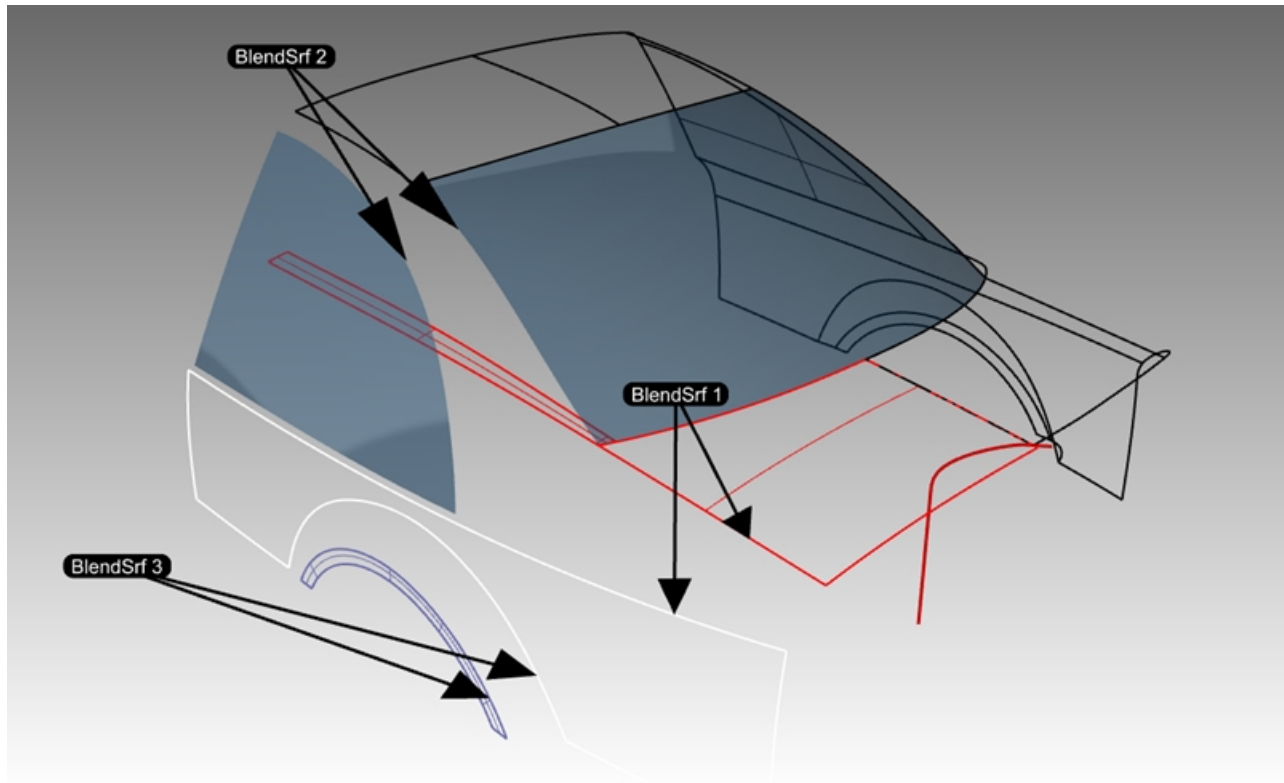
**Überblendungen**

Der nächste Befehl, der die Stetigkeit mit angrenzenden Flächen beachtet, ist **Flächenüberblenden**.

**FlächenÜberblenden** verwendet auch die Einstellung **Historie aufnehmen**.

Wenn **Historie aufnehmen** auf der Statusleiste während der Verwendung des Befehls **FlächenÜberblenden** zur Erzeugung einer Fläche aktiviert ist, wird durch Bearbeitung der Eingabekurve die Fläche aktualisiert.

Die drei Überblendungen in dieser Datei sollen die wesentlichen Funktionen des Befehls **FlächenÜberblenden** veranschaulichen. Die Optionen beim **FlächenÜberblenden** können zur Anpassung der überblendeten Form verwendet werden.



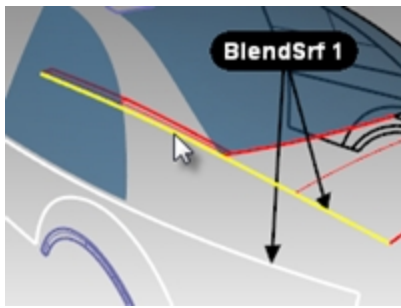
### Übung 6-5 Erzeugung eines Flächenüberblendung (FlächenÜberblenden 1)

In der Übung **FlächenÜberblenden 1** erzeugen wird einen Übergang zwischen der Heckklappe und den Seitenflächen der Karosserie.

1. Öffnen Sie das Modell **Überblenden.3dm**.
2. Führen Sie den Befehl **FlächenÜberblenden** (*Menü Fläche: Flächen überblenden*) aus.
3. Sie werden auf der gesamten Länge die Lücke zwischen der weißen seitlichen Fläche und den roten Flächen überblenden. Die Option **KettenKanten** ermöglicht Ihnen die Auswahl mehr als eines Kantensegments. Klicken Sie bei Anzeige der Eingabeaufforderung **Erste Kante auswählen** auf die Befehlszeilenoption **KettenKanten**.
4. Setzen Sie die Optionen der Befehlszeile auf **AutoKette=Ja** und **KettenStetigkeit=Tangentialität**.
5. Als nächstes wählen Sie eine Kante entlang des roten Flächenverbands der Karosserie aus, wie in der Zeichnung dargestellt.



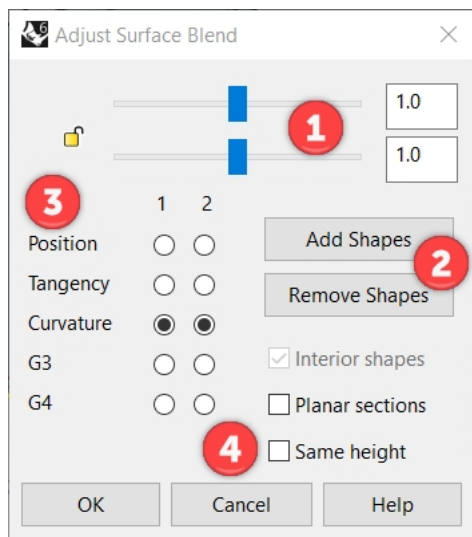
6. Nun ist die gesamte Kante der angrenzenden Fläche ausgewählt.



7. Schließen Sie die Auswahl mit **Enter** oder der rechten Maustaste ab.
8. Wählen Sie nun als **Segment für die zweite Kante** die obere Kante der weißen Seitenfläche in dem Bereich aus, der sich dem ersten Segment der ersten Kante am nächsten befindet.
9. Schließen Sie die Auswahl durch Drücken der **Eingabetaste** ab.
10. Daraufhin wird das Dialogfenster **Flächenüberblendung anpassen** geöffnet. Die darin enthaltenen Optionen werden im nächsten Abschnitt besprochen.



### Dialogfenster Flächenüberblendung anpassen



1. Mit den Schieberegler können Sie die Formkurven an den Enden der Flächenüberblendung anpassen. Klicken Sie auf das Schloss-Symbol, um ein gleichzeitiges Anpassen auf beiden Seiten der Überblendung zu erzwingen.
2. Diese Schalfäche ermöglicht es dem Benutzer, Formkurven hinzuzufügen. Die neuen Formkurven können auf dieselbe Art angepasst werden wie die Standard-Formkurven.  
*Hinweis:* Wenngleich es unter Umständen sinnvoll sein kann, Formkurven hinzuzufügen, sollten Sie so wenige wie möglich zu verwenden, um die gewünschte Form zu erzielen. Die Interpolation zwischen den Formkurven ist besser, wenn sie nicht zu nahe beieinander liegen.
3. Mit den Optionfeldern können Sie die Stetigkeit an beiden Seiten der Überblendung einstellen; im Ansichtsfenster sind die Kanten mit 1 und 2 markiert.
4. Außerdem gibt es Kontrollkästchen mit weiteren Optionen. Diese werden in einer anderen Übung besprochen.

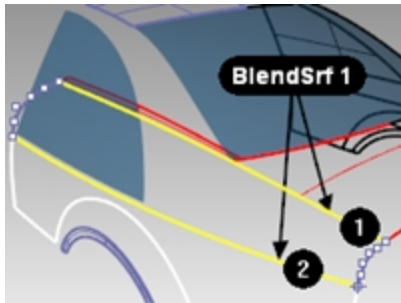
Um den Dialog für die Überblendung zu konfigurieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Deaktivieren Sie die Optionen **Gleiche Höhe** und **Planare Querschnitte**.
2. Stellen Sie die **Stetigkeit** beider Seiten auf **Krümmung**.  
Im Ansichtsfenster erscheint eine Vorschau der Überblendungsfläche.  
Im Ansichtsfenster werden Sie auch ein Paar Standard-Formkurven mit Punkten bemerken.  
Diese Punkte werden *Griffe* genannt.

Die Anzahl auf den Formkurven verfügbarer Griffe hängt von der Stetigkeitseinstellung im Dialogfenster ab.



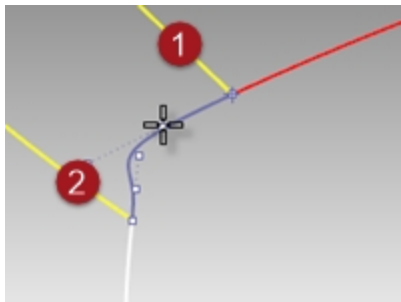
Wenn die Stetigkeit für beide formgebende Kurven 1 und 2 etwa auf **Krümmung** gesetzt ist, haben die Kurven sechs Ziehpunkte (drei für jede Kurve). Wenn die Stetigkeit für beide formgebende Kurven 1 und 2 auf **Tangentialität** gesetzt ist, haben die Kurven vier Punkte (zwei für jede Kurve).



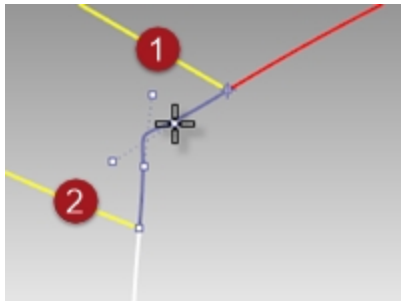
3. Versuchen Sie nun, die Ziehpunkte der Formkurven anzupassen. Machen Sie beispielsweise die Überblendung am hinteren Ende des Autos spitzer, indem Sie die Ziehpunkte so bewegen, dass sie sich alle nahe der Spitze der Formkurve befinden.

Die Ziehpunkte können für jede Formkurve interaktiv angepasst und so die Form der Überblendung verändert werden.

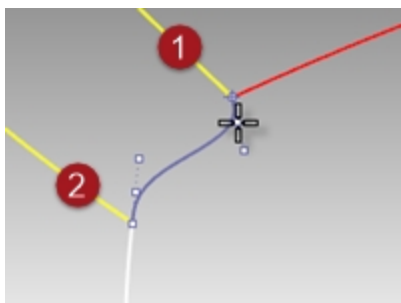
Durch Bewegen der Ziehpunkte wird die Form auf einer Seite der Formkurve verändert.



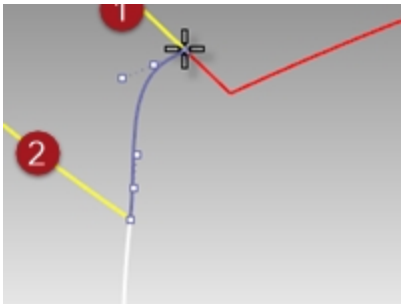
Halten Sie während des Verschiebens der Griffe die **Umschalttaste** gedrückt, um beide Enden der Kurve zugleich anzupassen. Dies ist insbesondere hilfreich zur Beibehaltung der Symmetrie der Überblendung.



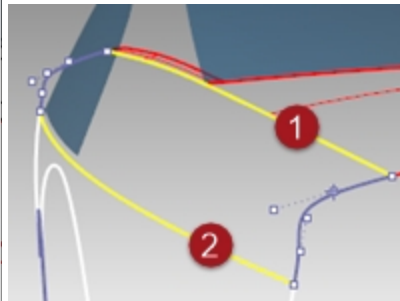
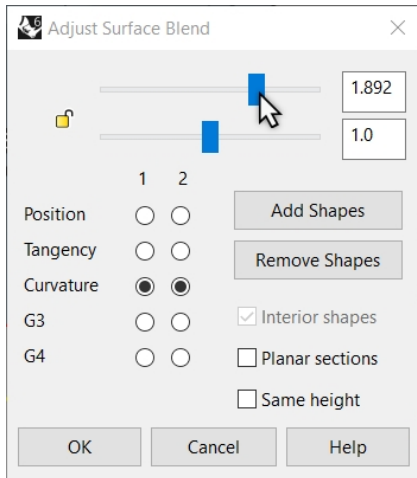
Halten Sie während der Anpassung der Griffe die **Alt**-Taste gedrückt, um die Griffe und somit die Richtung der Formkurve hinsichtlich der Kante zu drehen.



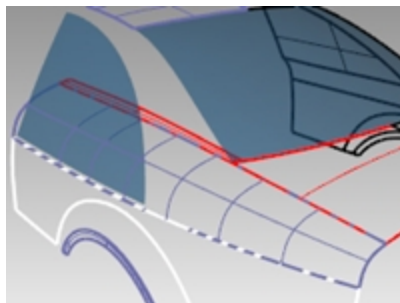
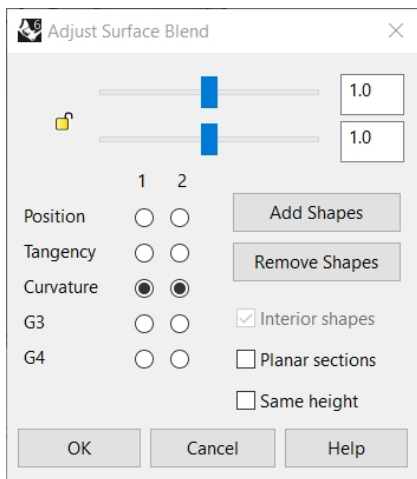
Bewegen Sie den Griff an einem Ende einer Formkurve, um die Position der Formkurve zu verändern.



Bewegen Sie die Schieberegler im Dialogfenster, um alle Formkurven auf einmal zu ändern. Der obere Schieberegler ändert alle Formkurven nahe der ursprünglichen Kante #1. Der untere Schieberegler ändert alle Formkurven nahe der ursprünglichen Kante #2.



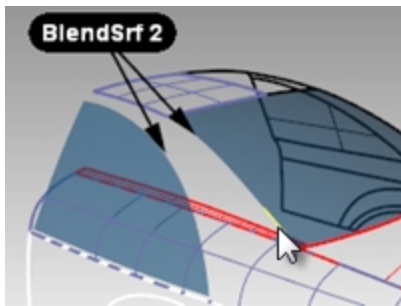
4. Setzen Sie die Einstellungen im Dialogfenster auf den Standardwert **1.0** und klicken Sie **OK**, um die Flächen zu überblenden.



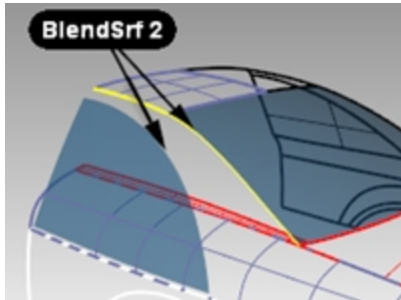
### Erzeugung einer Flächenüberblendung mit Alles (Flächenüberblenden 2)

Als nächstes überblenden wir die Fläche zwischen der Dachkante und dem Seitenfenster.

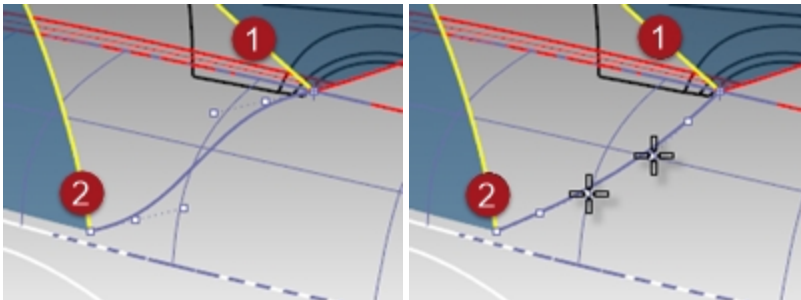
1. Führen Sie den Befehl **Flächenüberblenden** (*Menü Fläche: Flächen überblenden*) aus.
2. Klicken Sie in der Befehlszeile die Option **KettenKanten**.
3. Setzen Sie die Optionen der Befehlszeile auf **AutoKette=Nein**.
4. Wählen Sie bei der Eingabeaufforderung **Segment für erste Kante auswählen** eine Kante entlang des Heckfensters aus, wie in der Zeichnung dargestellt. Sie werden sehen, dass nur ein kleiner Teil der ganzen Kante ausgewählt wird. Wenngleich das Fenster eine einzelne Fläche darstellt, sind die Kanten geteilt.



5. Klicken Sie als nächstes die Befehlszeilenoption **Alles**, um so die Verkettung der Kantensegmente zu erzwingen. Dabei wird die Kante des Dachs ebenfalls mit ausgewählt, da die Kanten zusammenhängend und tangential zueinander sind.



6. Drücken Sie **Enter**, um die Auswahl der ersten Kante abzuschließen.
7. Wählen Sie nun als **Segmente für die zweite Kante** die obere Kante des Seitenfensters.
8. Schließen Sie die Auswahl durch Drücken der **Eingabetaste** ab.
9. Daraufhin wird das Dialogfenster **Flächenüberblendung anpassen** geöffnet. Die Standardformkurve weist nun im unteren Bereich der Überblendung eine leichte S-Form auf. Drücken Sie **Alt** und bringen Sie die Kurve mithilfe der Ziehpunkte in eine natürlichere Form.

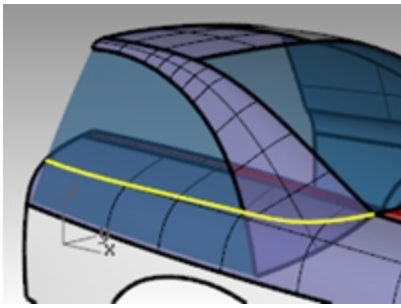


10. Klicken Sie auf **OK**, um die Überblendungsfläche zu erstellen.

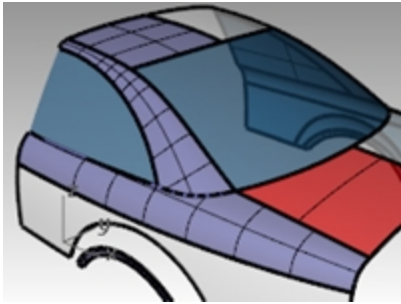
### Bereinigung der überschüssigen Flächen

Zur Bereinigung der überschüssigen Flächen trimmen wir die Flächen aneinander. Da die Schnittlinien der Flächen nicht ganz bis an die Kanten aller Flächen heranreichen, können wir Schnittkurven erstellen, verbinden und sie dann nach Gebrauch auf den Flächen verlängern.

1. Führen Sie den Befehl **ZweiSätzeSchneiden** (*Menü Kurve: Kurve aus Objekten > Schnitt von zwei Sätzen*) aus.
2. Wählen Sie als ersten Satz von Objekten zum Schneiden das Seitenfenster und die Dachüberblendung aus, die Sie gerade erstellt haben. Drücken Sie die **Eingabetaste**.
3. Wählen Sie als zweiten Satz von Objekten zum Schneiden die erste Überblendungsfläche aus, die Sie erstellt haben. Drücken Sie die **Eingabetaste**.
4. Verbinden Sie die erhaltenen Kurven.
5. Wählen Sie die verbundene Kurve aus.
6. Führen Sie den Befehl **KurveAufFlächeVerlängern** (*Menü Kurve: Kurve verlängern > Kurve auf Fläche*) aus und wählen Sie die untere Überblendung als Fläche aus, an die die Kurve verlängert werden soll.



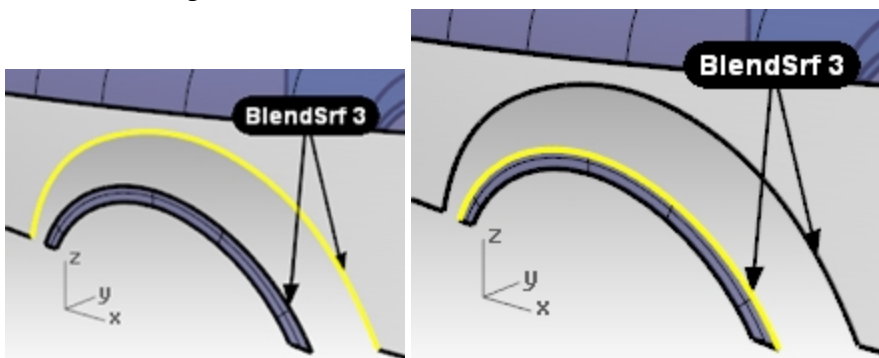
7. Trimmen Sie den unteren Bereich des Fensters, das untere Ende der Dachüberblendung und die Seitenüberblendung im Inneren des Dach- und Glasbereichs aus.



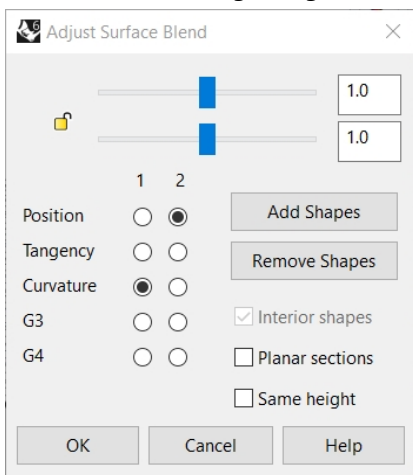
### Erzeugung eines Flächenüberblendung (FlächenÜberblenden 3)

Als letztes überblenden wird die Fläche zwischen dem Radlauf und der Seite des Autos.

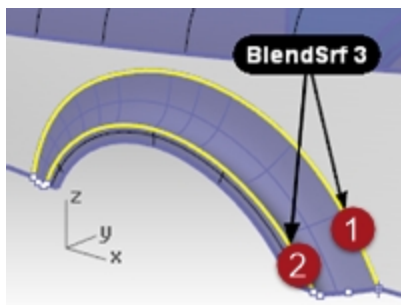
1. Führen Sie den Befehl **FlächenÜberblenden** (*Menü Fläche: Flächen überblenden*) aus.
2. Wählen Sie als **Segment für die erste Kante** eine Kante des Radlaufs aus und drücken Sie **Enter**.
3. Wählen Sie als **Segment für die zweite Kante** die andere Kante des Radlaufs aus.



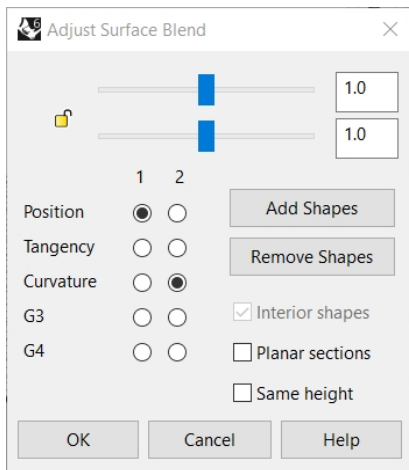
4. Ändern Sie die Stetigkeitseinstellungen im Dialogfenster, so dass für eine Kante **Positionsstetigkeit** (G0) und für die andere **Krümmungstetigkeit** (G2) eingestellt ist und wählen Sie die Option **Vorschau**.



Dadurch erhalten Sie an einer der Kanten eine harte Kante.

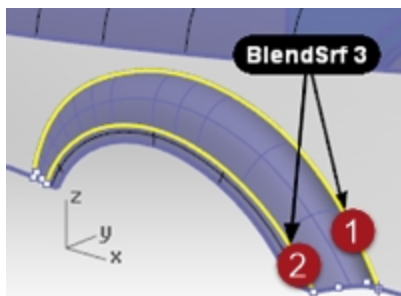


5. Verkehren Sie die Stetigkeitseinstellungen in ihr Gegenteil, um die Eigenschaften der Überblendung zu ändern.

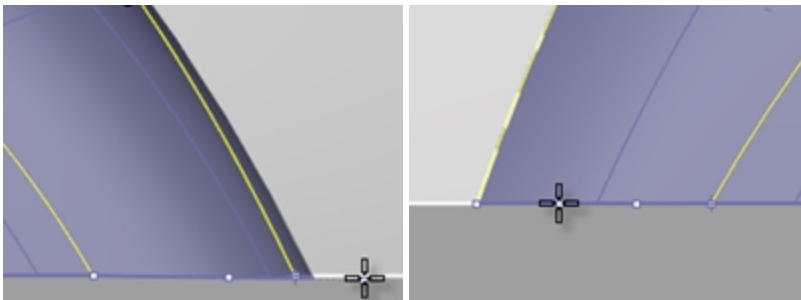


Sie müssen wahrscheinlich die Formkurven auf beiden Seiten des Radlaufs drehen, so dass die Überblendung mit der Unterkante des Autos in einer Linie verläuft.

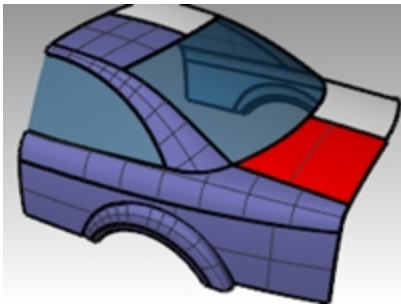
Dies bewerkstelligen Sie am Einfachsten in der Frontansicht.



6. Drücken Sie **Alt**, während Sie die Ziehpunkte auf beiden Seiten des Radlaufs drehen.

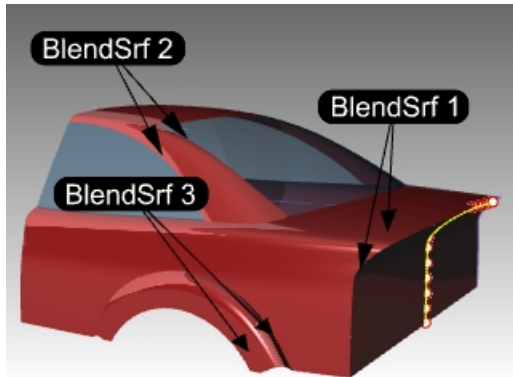


7. Klicken Sie im Dialogfenster auf **OK**, um die Überblendungsfläche zu erstellen.



### Hausaufgabe

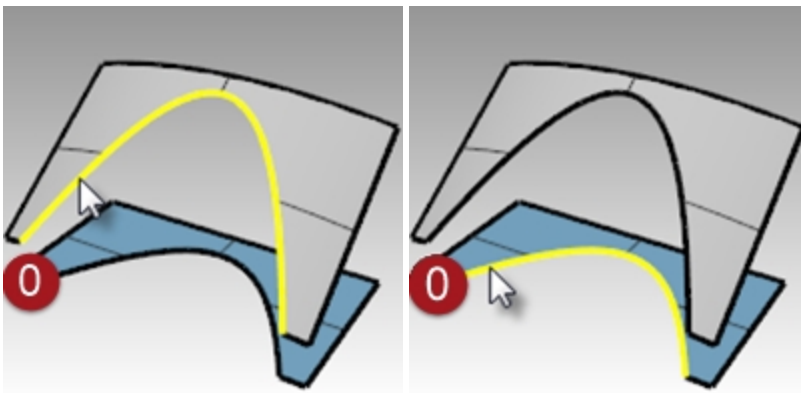
Extrudieren Sie die hervorgehobene Kurve, um die hintere Fläche des Fahrzeugs zu erstellen. Verwenden Sie die gleichen Methoden wie schon zuvor, um die Schnittkurve zu finden, sie zur Fläche zu verlängern und zu trimmen.



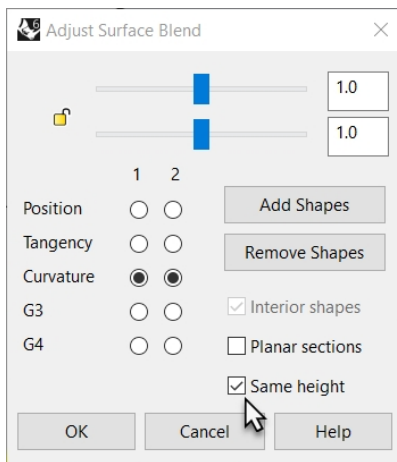
### Verwendung der Überblendungsoptionen

In der folgenden Übung werden wir als erstes eine Flächenüberblendung erstellen, die eine sich selbst schneidende Fläche erzeugt. Danach werden wir die Überblendungsoptionen verwenden, um das Problem zu korrigieren.

1. Öffnen Sie das Modell **FlächenÜberblenden Optionen.3dm**.
2. Führen Sie den Befehl **FlächenÜberblenden** (*Menü Fläche: Flächen überblenden*) aus und wählen Sie die stark gekrümmten Kanten der mit 0 markierten Flächenpaare aus.

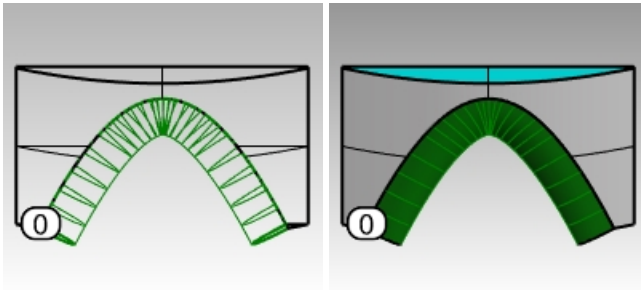


3. Aktivieren Sie im Dialogfenster die Option **Gleiche Höhe** und vergewissern Sie sich, dass die Ausbuchtungsschieber auf **1.0** eingestellt sind.
4. Klicken Sie auf **OK**.



5. Vergrößern Sie die eben erzeugte Fläche im Ansichtsfenster Drauf.

Sehen Sie sich die Mitte der Überblendungsfläche in dieser Ansicht unter Verwendung einer Gitternetzansicht genau an. Beachten Sie, wie sich die Fläche durch die Überblendung in der Mitte selbst schneidet. Die Isokurven kreuzen einander und erzeugen eine Falte.



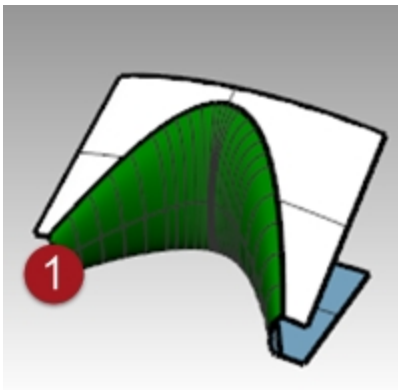
## Optionen der Flächenüberblendung

Um sich selbst schneidende oder gefaltete Flächen bei der Erzeugung einer Überblendung zu verhindern, können Sie die Schieber für die **Überblendung der Ausbuchtung anpassen** oder die Optionen **Gleiche Höhe** bzw. **Planare Querschnitte** verwenden.

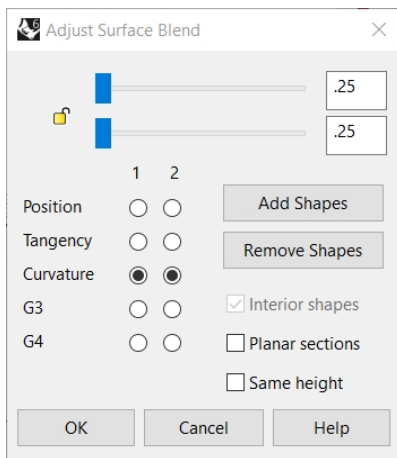
In den folgenden Übungen werden wir uns jede dieser Optionen ansehen.

### Übung 6-6 Erstellung einer Flächenüberblendung mit Optionen

1. Starten Sie den Befehl **Flächenüberblenden** und wählen Sie die Kanten der mit (1) markierten Flächenpaare aus.
2. Passen Sie die Schieber an, so dass die Flächenausbuchtung kleiner als 1 ist.

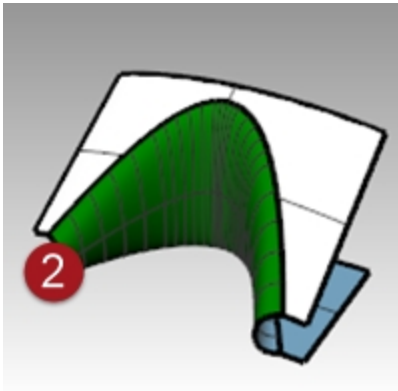


Eine Zahl zwischen 0.2 und 0.3 ist dafür am besten geeignet.

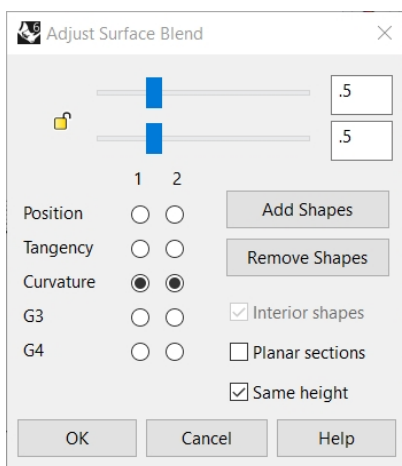


Die Profile der Querschnittskurven an den Enden der Überblendung sowie alle Kurven, die Sie eventuell dazwischen einfügen, werden für die Vorschau aktualisiert. Beachten Sie, dass die Fläche in der Mitte keine Falte hat.

- Starten Sie den Befehl **FlächenÜberblenden** und wählen Sie die Kanten der mit (2) markierten Flächenpaare aus.

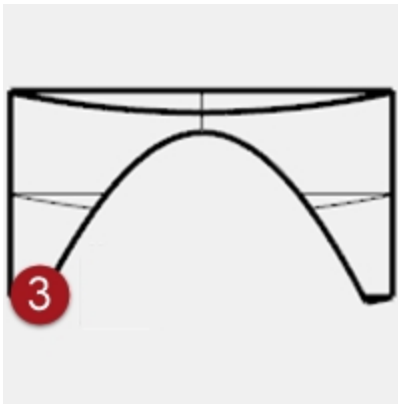


- Ändern Sie die **Ausbuchtung** auf **0.5** und aktivieren Sie die Option **Gleiche Höhe**. Die Option **Gleiche Höhe** überschreibt die Tendenz der Überblendungsfläche, dicker oder tiefer zu werden, je nachdem, wie weit die Kanten voneinander entfernt sind. Die Höhe ist nun in der Mitte die gleiche wie an den Enden. So werden die Abschnitte der Ausbuchtung weniger herausgedrückt und schneiden sich im mittleren Bereich nicht.

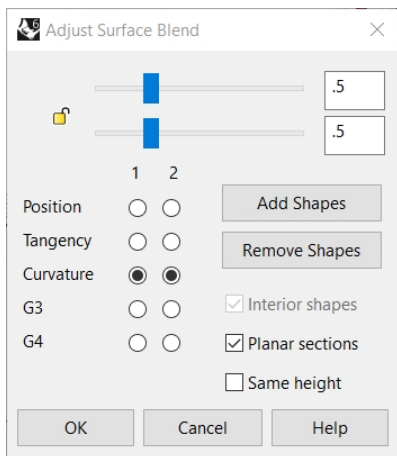


- Starten Sie den Befehl **FlächenÜberblenden** und wählen Sie die Kanten der mit **3** markierten Flächenpaare aus.

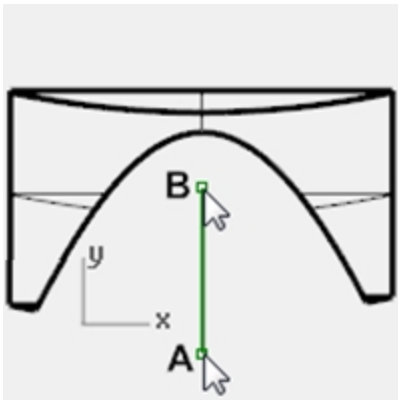




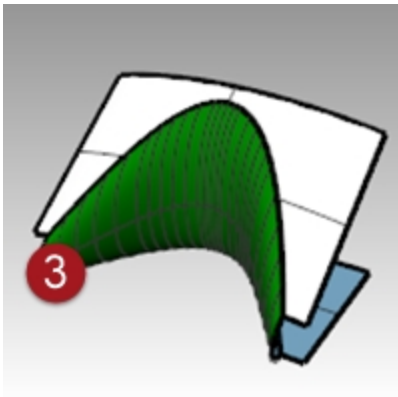
6. Wählen Sie die Kanten auf die übliche Weise.  
Verwenden Sie die gleichen Ausbuchtungseinstellungen wie beim letzten Flächenpaar.
7. Aktivieren Sie im Dialogfenster die Option **Planare Querschnitte** und deaktivieren Sie die Option **Gleiche Höhe**.  
Sie müssen nun definieren, zu welcher Ebene die Querschnittskurven der Fläche parallel sein sollen. Diese Ebene bestimmen sie durch zwei Punkte in einem beliebigen Ansichtsfenster.



8. Klicken Sie daher im Ansichtsfenster **Drauf** auf einen beliebigen Punkt **A**, und mit aktiviertem Ortho wieder im Ansichtsfenster **Drauf** auf einen Punkt **B** in Richtung der Y-Achse.



Die Isokurven der erhaltenen Fläche (3) sind nun parallel zur Ebene, die Sie im Befehl für die planaren Schnittkurven definiert haben. Die Isokurven schneiden einander nicht in der Mitte der Fläche, da sie parallel zur Y-Achse liegen.



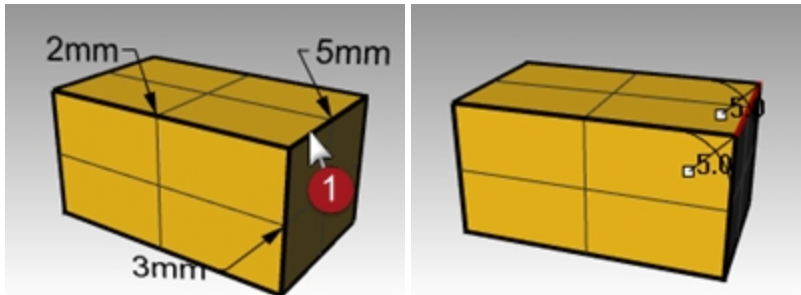
## Verrundungen, Überblendungen und Ecken

In dieser Übung lernen Sie eine Reihe von Möglichkeiten kennen, Übergangflächen mit den Befehlen KanteVerrunden, KantenÜberblenden, KantenFasen und Füllfläche zu erzeugen.

Obwohl Rhino über automatisierte Funktionen zur Erzeugung von Verrundungen verfügt, ist es manchmal von Vorteil, diese manuell zu erstellen. In diesem Abschnitt werden wir Ecken mit verschiedenen Verrundungsradien, Verrundungen und Überblendungen mit variablen Radien sowie Verrundungsübergängen erzeugen.

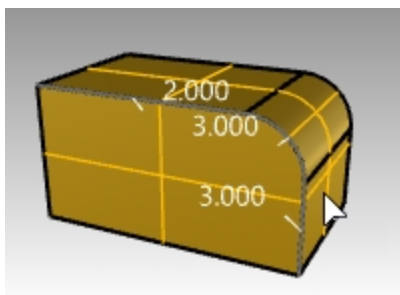
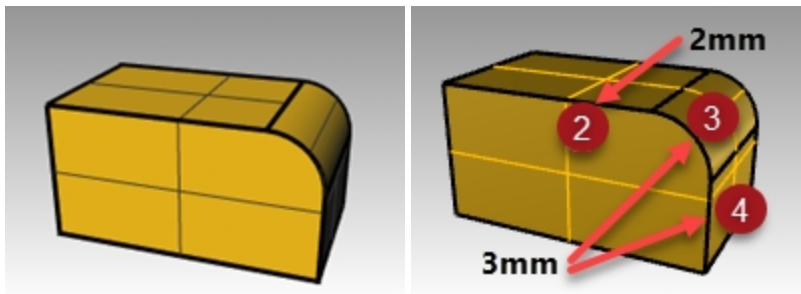
### Übung 6-7 Erstellung einer Eckverrundung mit drei verschiedenen Radien

1. Öffnen Sie das Modell **Eckenverrundung.3dm**.
2. Verwenden Sie den Befehl **KanteVerrunden** (Menü *Volumenkörper: Kanten verrunden > Kanten verrunden*), um die Kante 1 mit einem Radius von **5 mm** zu verrunden.

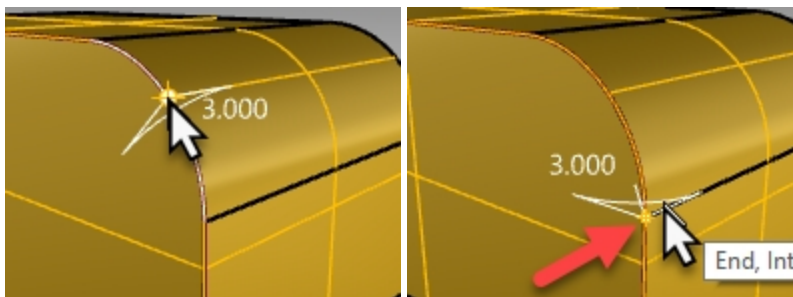


3. Verwenden Sie den Befehl **KanteVerrunden** (Menü *Volumenkörper: Kanten verrunden > Kanten verrunden*) um die Kante (2) mit einem Radius von 2 mm, und die nächsten beiden Kanten (3) und (4) mit einem Radius von 3 mm zu verrunden.  **Eingabe**

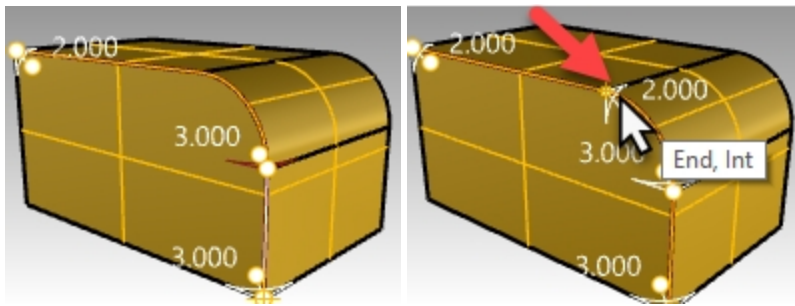
**Hinweis:** Ändern Sie den Wert für **NächsterRadius** auf 3, bevor Sie die zweite Kante auswählen.



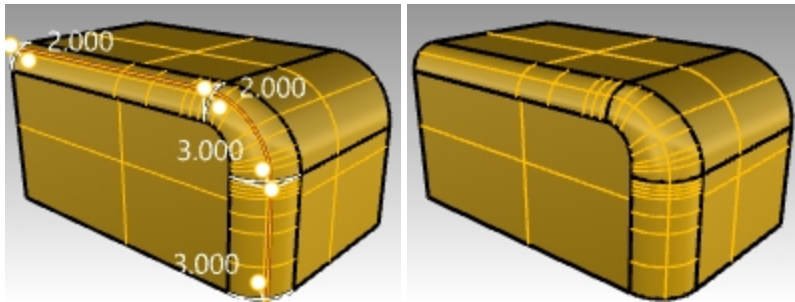
4. Ziehen Sie den Griff **3.0** unter Verwendung von Ofänge zum Ende des Bogens oder der vertikalen Kante.



5. Verwenden Sie die Option **GriffHinzufügen**. Definieren Sie **AktuellerRadius** auf **2.0**, wählen Sie die neue Griffposition am anderen Ende des Bogens und drücken Sie die  **Eingabetaste**.



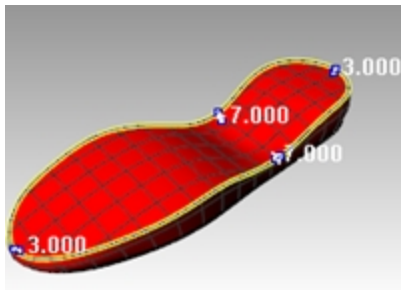
6. Verwenden Sie **Vorschau=Ja** um die Ergebnisse der Griffbearbeitungen zu sehen, und drücken Sie dann die **Eingabetaste** um Verrunden abzuschließen..



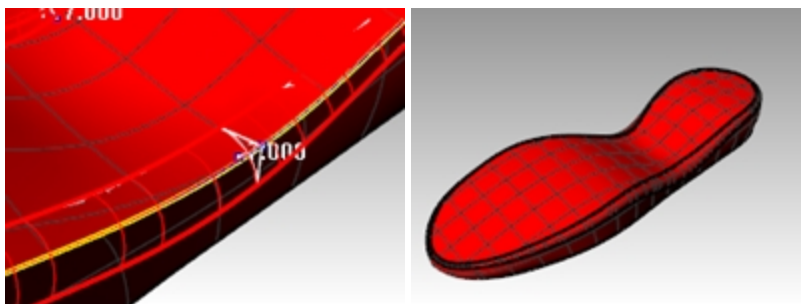
Der Verrundungsradius an der Bogenkante wird von 2 mm auf 3 mm umgestellt.

#### Übung 6-8 Erstellung einer variablen Radiusüberblendung

1. Öffnen Sie das Modell **Sandalensohle.3dm**.
2. Verwenden Sie den Befehl **KantenÜberblenden** (*Menü Volumenkörper: Kanten verrunden > Kanten überblenden*), um eine Überblendung mit variablem Radius am unteren Sohlenteil zu erzeugen. Beginnen Sie mit einem Radius von 3 mm.
3. Verwenden Sie die Option **GriffHinzufügen**, um zusätzliche Radien um den unteren Sohlenteil hinzuzufügen.
4. Fügen Sie einen weiteren Radius von **3 mm** an der Sohlenspitze und je einen Radius von **7 mm** an den beiden Seiten des Spans ein.

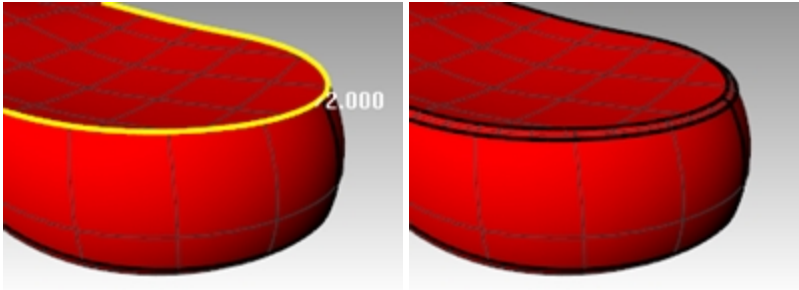


5. Aktivieren Sie die Vorschau, passen Sie Ihre Griffe nach Bedarf an und schließen Sie die Ausführung des Befehls mit **Enter** ab.



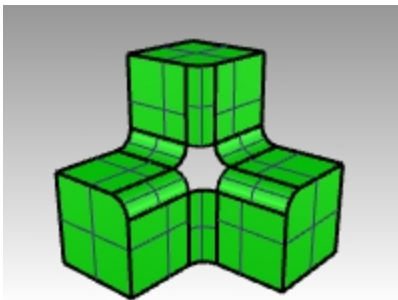
## Erstellung einer Kantenfase

- Verwenden Sie den Befehl **KantenFasen** (*Menü Volumenkörper: Kanten verrunden > Kante fassen*), um eine 2-mm-Fase an der oberen Kante der Sohle anzubringen.  
Genau wie die Befehle **KanteVerrunden** und **KantenÜberblenden** erlaubt dieser Befehl, Griffe mit unterschiedlichen Werten hinzuzufügen, um eine Fase mit unterschiedlichem Abstand zu erzeugen.
- Aktivieren Sie die Vorschau der Fase, passen Sie sie nach Bedarf an und drücken Sie dann **Enter**, um die Fase zu erstellen.

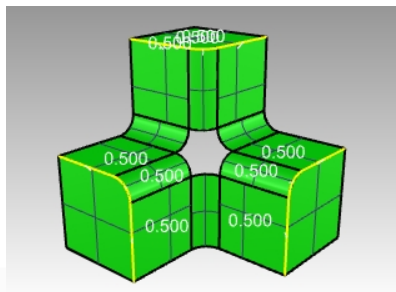
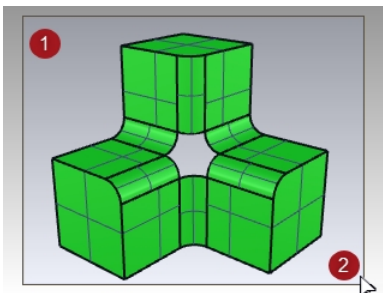


## Übung 6-9 Erzeugung einer Sechserverrundung mithilfe einer Füllfläche

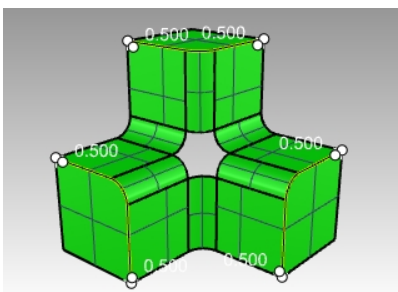
- Öffnen Sie das Modell **Kante verrunden.3dm**.



- Führen Sie den Befehl **KanteVerrunden** aus (*Menü Volumenkörper: Kanten verrunden*) und stellen Sie den **Radius** auf **.5** ein.
- Wählen Sie die zu verrundenden Kanten mit einem Auswahlfenster aus, wobei Sie zuerst oben links und dann unten rechts klicken.

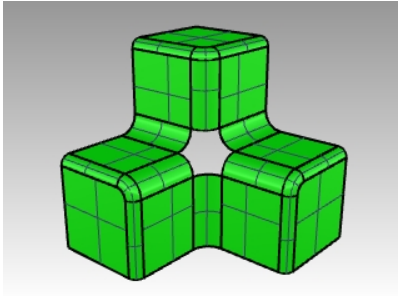


- Drücken Sie die **Eingabetaste**, und alle ausgewählten Kanten erscheinen mit ihrem Verrundungsradius in der Vorschau.

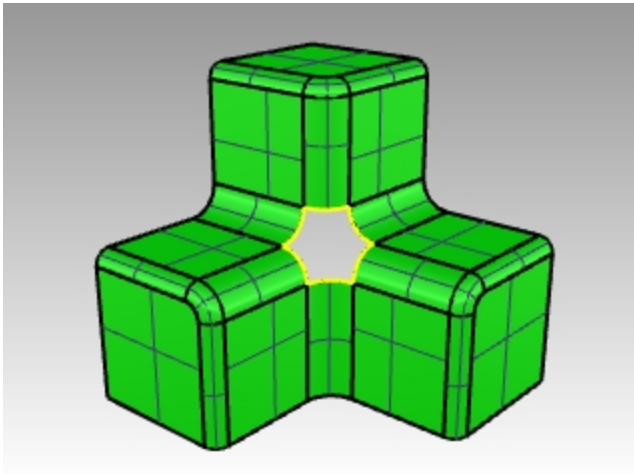


- Drücken Sie die **Eingabetaste** erneut, und alle ausgewählten und verbundenen Kanten werden gleichzeitig

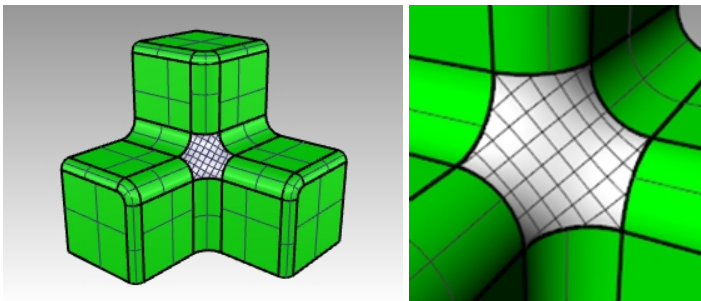
verrundet.



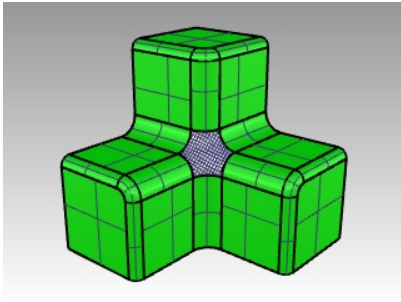
6. Verwenden Sie den Befehl **Füllfläche** (*Menü Fläche: Füllfläche*), um die Öffnung in der Mitte zu füllen.
7. Wählen Sie alle sechs Kanten aus, um die Füllfläche zu definieren, und drücken Sie die **Eingabetaste**.



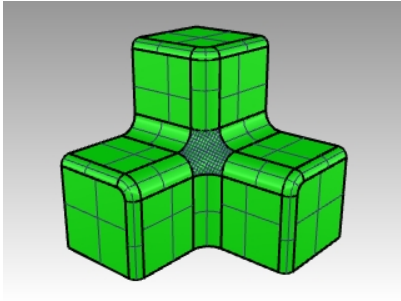
8. Aktivieren Sie im Dialogfenster **Optionen der Füllfläche** die Optionen **Tangentialität anpassen** und **Automatisch trimmen**.
9. Setzen Sie die Anzahl der Segmente der **U-** und **V-Fläche** jeweils auf **10** und die **Steifheit** auf **2**. Das **Punktmuster** bleibt auf **1** bestehen.  
**Hinweis:** Wenn die zu füllende Fläche mehr als vier Kanten hat, funktioniert der Befehl **Füllfläche** im Allgemeinen besser als der Befehl **Netzwerkfläche**.
10. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Vorschau** um die Füllfläche zu sehen.
11. Klicken Sie auf die Schaltfläche **OK** um die Füllfläche zu erzeugen.



12. Verbinden Sie die Füllfläche Mit dem Flächenverband.  
Die Füllfläche ist jedoch nicht genau genug, um innerhalb der Toleranz mit den Kanten übereinzustimmen, und wird daher fehlschlagen.  
Um eine genauere Füllfläche zu erzeugen, wenden Sie **Rückgängig** auf den Befehl **Füllfläche** an.
13. Erstellen Sie die Füllfläche erneut mit Segmenten der **U-** und **V-Fläche** auf **10**, und der **Steifheit** auf **2**, definieren Sie das **Punktmuster** aber auf **2**.



14. Verbinden Sie die Füllfläche Mit dem Flächenverband.







# Kapitel 7 - Modellieren mit Historie

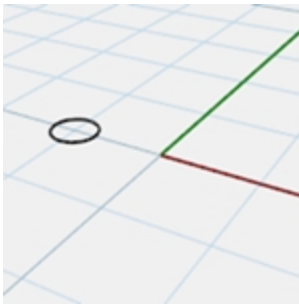
Mithilfe der Historie können Sie Objekte bearbeiten oder aktualisieren, indem Sie die Eingabegeometrie bearbeiten, die bei der Erzeugung der Objekte verwendet wurde. Die Historie ist hilfreich, wenn die Eingabe eines Befehls bearbeitet werden muss oder wenn umgeformte Kopien eines Originalobjekts an das Original angepasst bleiben sollen. Allerdings unterstützen nur bestimmte Befehle die Historie.



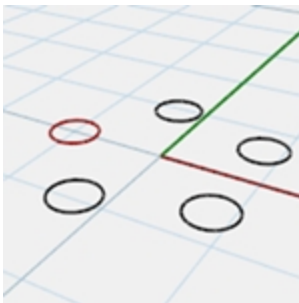
Historie ist nicht das gleiche wie "Eigenschaft" oder "parametrisch". Die Historie-Informationen werden in der Rhino-3DM-Datei gespeichert.

## Ein einfaches Beispiel

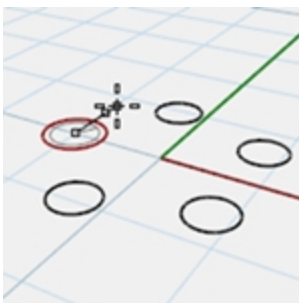
1. Zeichnen Sie einen Kreis.



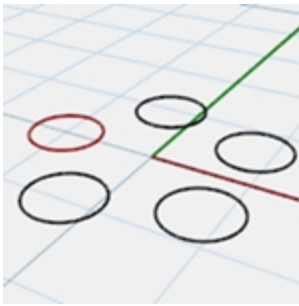
2. Aktivieren Sie die Option Historie aufnehmen und erstellen Sie eine Anordnung ausgehend von diesem Kreis.



3. Skalieren Sie den Originalkreis.

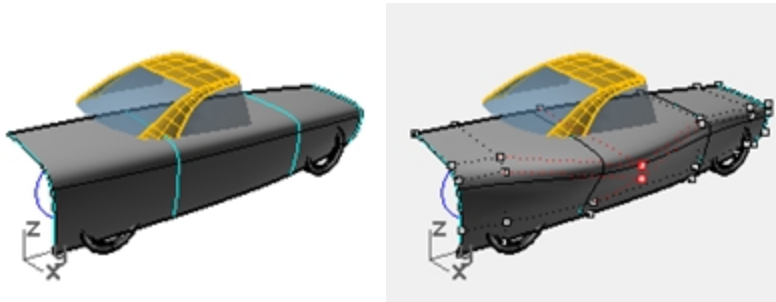


4. Die restlichen Kreise der Anordnung werden dabei ebenfalls angepasst.



### Eine geloftete Fläche erzeugen

1. Öffnen Sie das Modell **Historie\_Einführung.3dm**.
2. Wählen Sie die vier cyanfarbigen Kurven aus.
3. Starten Sie den Befehl **Loft** (*Menü Fläche: Loft*), wählen Sie den Stil **Normal** aus und klicken Sie auf **OK**.  
Loften Sie die Kurven, um eine glatte Fläche zu generieren.



4. Aktivieren Sie die Kontrollpunkte und bearbeiten Sie die Fläche.  
Beim Aktivieren der Kontrollpunkte kann die Fläche wie immer direkt bearbeitet werden. Wenn Sie allerdings die Eingabekurven bearbeiten, wird die Fläche dabei nicht mit verändert.
5. Machen Sie nun die Loftfläche **rückgängig** oder löschen Sie sie.

## Aktivieren der Historie

Die Historienaufnahme ist standardmäßig deaktiviert. Um also die Historie für einen Befehl aufzunehmen, muss die Aufnahme zuerst aktiviert werden. Der Status der Historienaufnahme wird in der Statusleiste im Feld Historie aufnehmen angezeigt. Wenn der Text in diesem Feld fettgedruckt erscheint, ist die Aufnahme aktiviert. Um den Status zu ändern, genügt ein einfacher Klick auf dieses Feld.

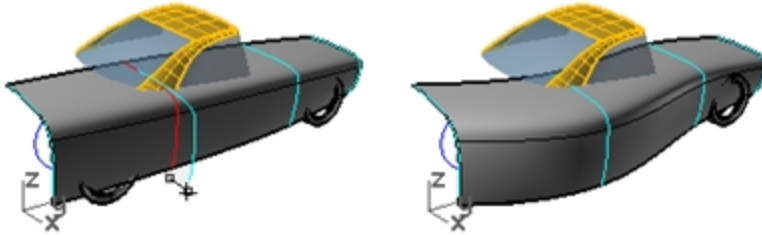
Um die Historie eines bestimmten Befehls aufzunehmen, klicken Sie auf das Feld Historie aufnehmen und starten Sie dann den entsprechenden Befehl (dieser muss Historienaufnahme unterstützen).

### Warum ist die Historienaufnahme standardmäßig deaktiviert?

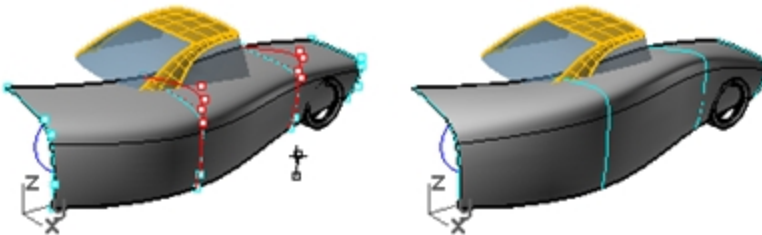
- Unvorhersehbare Resultate. Wenn Sie beispielsweise mit aktivierter Historie ein Objekt kopieren und anschließend an diesem Objekt eine Änderung vornehmen, werden alle Kindobjekte ebenfalls verändert.
- Bei aktivierter Historie nimmt die Dateigröße zu.

### Erzeugung einer gelofteten Fläche mit Historie

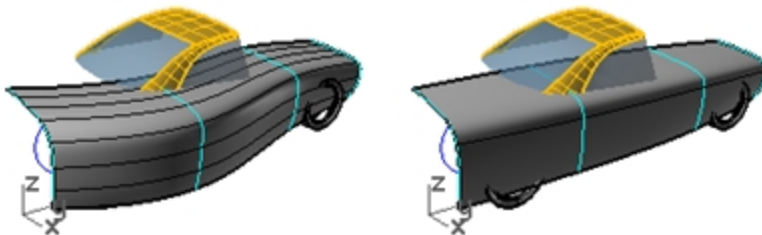
1. Klicken Sie in der Statuszeile auf das Feld **Historie aufnehmen**, um die Funktion zu aktivieren.
2. Wählen Sie die vier cyanfarbigen Kurven aus.
3. Starten Sie den Befehl **Loft** (*Menü Fläche: Loft*), wählen Sie den Stil **Normal** aus und klicken Sie auf **OK**.  
Beachten Sie, dass das Feld **Historie aufnehmen** nun nicht mehr fettgedruckt erscheint, nachdem der Befehl ausgeführt wurde.



4. Wählen Sie eine der Eingabekurven aus und verschieben Sie sie.  
Die Loftfläche wird angepasst und spiegelt so die neue Position der Kurve wider.
5. Aktivieren Sie die Kontrollpunkte der Eingabekurven.
6. Bearbeiten Sie die Punkte, wobei die Fläche ebenfalls verändert wird.



7. Wählen Sie die Kurven aus und klicken Sie auf **Neuaufbauen** (*Menü Bearbeiten: Neuaufbauen*) und wählen Sie **10** Punkte.  
Die geloftete Fläche wird angepasst, um diese Änderung ebenfalls widerzuspiegeln. Wenn der Grad der übergeordneten Kurven geändert wird, wird auch der Grad der untergeordneten Fläche in dieser Richtung geändert.
8. Machen Sie die drei vorherigen Schritte **rückgängig**.



## Wichtige Hinweise für die Historie

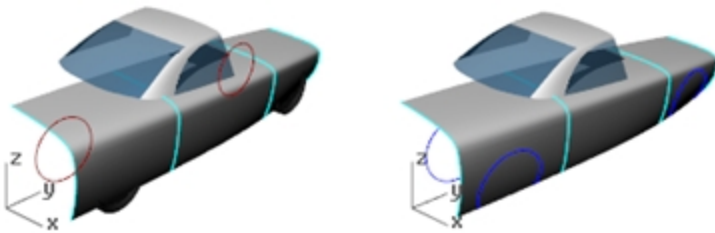
- Der Befehl muss die Historienaufnahme unterstützen.
- Die Historienaufnahme muss aktiviert sein, wenn der Befehl ausgeführt wird. Die Historienaufnahme ist standardmäßig deaktiviert und muss jedes Mal aktiviert werden, wenn ein Befehl ausgeführt wird, für den die Historie aufgenommen werden soll.
- Die Historienaktualisierung muss aktiviert sein. Diese Option ist standardmäßig aktiviert. Wenn Sie aktiviert ist, werden Änderungen an den Eingabeobjekten sofort in Echtzeit auch an den Kindobjekten dargestellt.
- Historie kann auch verschachtelt sein, wenn zum Beispiel eine Kurve auf eine geloftete Fläche projiziert wird und die Kurve die Änderungen der gelofteten Fläche mitmacht.

### Projektion einer Kurve auf eine Fläche mit Historie

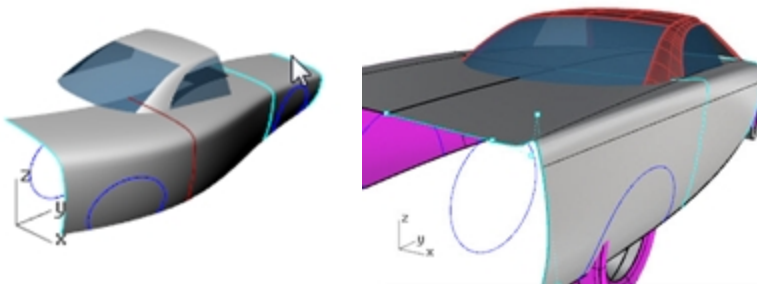
Dieser Teil der Übung veranschaulicht ein Beispiel verschachtelter Historie. Wir werden die Radausschnittkurven auf die geloftete Fläche projizieren.

1. Als erstes ändern wir die Konstruktionsebene des Ansichtsfensters **Perspektive**.
2. Klicken Sie in der Werkzeugleiste **KEbenen** auf **Konstruktionsebene mit rechter Ansicht definieren**.
3. Klicken Sie in der Statuszeile auf das Feld **Historie aufnehmen**, um die Funktion zu aktivieren.

4. Verwenden Sie den Befehl **Projektion** (*Menü Kurve: Kurve aus Objekten > Projektion*), um die beiden Radausschnittkurven auf die geloftete Fläche zu projizieren.



5. Setzen Sie die **KEbene wieder zurück auf Welt mit Draufsicht** (*Werkzeugleiste KEbenen, Konstruktionsebene mit Draufsicht definieren*).
6. Wählen Sie eine der Eingabekurven der Loftfläche aus. Verändern Sie sie durch:  
Verschiebung oder Skalierung  
Kontrollpunktbearbeitung  
**Hinweis:** Gumball kann hierbei hilfreich sein.  
Die projizierten Radausschnittkurven werden automatisch mit verschoben.



**Hinweis:** Jegliche Bearbeitung der Kindobjekte "unterbricht" die Historie, wobei die Verbindung zwischen Eingabeobjekt und Kindobjekt verloren geht. Wenn dies geschieht, erscheint eine Warnmeldung in Rhino und der Benutzer kann die Operation entweder rückgängig machen, um die Verbindung wiederherzustellen, oder mit der Bearbeitung fortfahren und die Unterbrechung der Historie akzeptieren.

## Befehle mit Historienunterstützung

Eine Liste der historienunterstützten Befehle wird in der **Historie**-Befehlshilfe beibehalten.

## Befehle mit Historienunterstützung

Historie

HistorieBereinigen

ObjekteMitHistorieAuswählen

UntergeordneteAuswählen

ÜbergeordneteAuswählen



Werkzeugleiste Historie

### Historieoptionen

Die Ausgangsobjekte eines Befehls mit Historie werden in Rhino als "übergeordnete Objekte" bezeichnet, während die abhängigen Kindobjekte "untergeordnete Objekte" genannt werden.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feld Historie aufnehmen, um die folgenden Optionen zu ändern:

### Historie immer aufnehmen

Bei Aktivierung dieser Option nehmen alle geeigneten Befehle standardmäßig eine Historie auf. Verwenden Sie diese Option mit Vorsicht. Sie könnte nicht nur zu einer unnötig großen Dateigröße, sondern auch zu einem unabsehbaren Verhalten führen. Um Historie bestimmter Objekten oder aller Objekte zu löschen, verwenden Sie den Befehl HistorieLöschen.

### Untergeordnete Objekte aktualisieren

Bei Aktivierung dieser Option werden Kindobjekte bei jeder Änderung des Elternelements ebenfalls verändert. Dies erhöht die benötigte Zeit zur Aktualisierung komplexer Objekte. Vor sehr komplexen Bearbeitungsvorgängen an den Elternobjekten sollten Sie diese Option vorübergehend deaktivieren und nach erfolgreichem Abschluss der Bearbeitung wieder aktivieren, so dass die Aktualisierung nur einmal durchgeführt werden muss.

### Untergeordnete Objekte sperren

Diese Option setzt den Status aller Kindobjekte auf "gesperrt". Da eine direkte Bearbeitung dieser Objekte die Verbindung zu den Elternobjekten unterbricht, verhindert das Sperren eine unbeabsichtigte Bearbeitung. Zudem kann die Auswahl der Kindobjekte mühsam sein, wenn sie sich an derselben Position wie ihre Elternobjekte befinden. Bei einer Änderung an den Elternobjekten werden die gesperrten Kindobjekte aber trotzdem wie gewohnt aktualisiert.

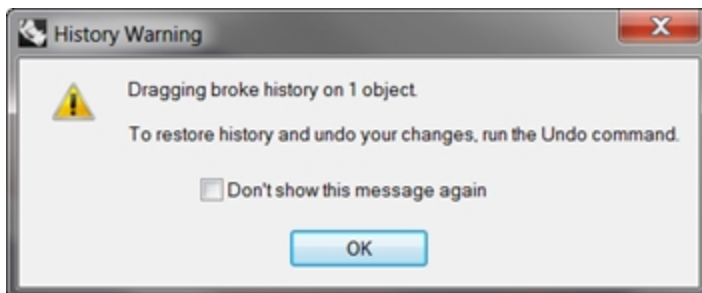
### Warnung Historienbeschädigung

Bei Aktivierung dieser Option wird eine Warnung angezeigt, wenn eine Operation die Verbindung eines Kindobjekts zu einem Elternobjekt unterbricht. Der Befehl Rückgängig stellt eine Historie wieder her.

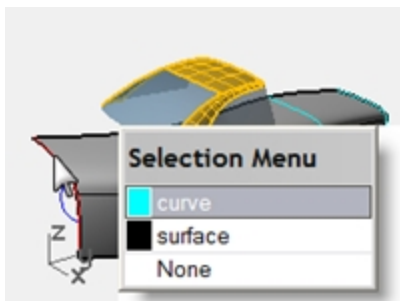
Mit dem Befehl Historie können Sie das Aufzeichnen, Aktualisieren und Sperren der Historie sowie die Warnmeldungen kontrollieren.

### Ändern der Historienoptionen

1. Klicken Sie auf eine Kurve, woraufhin sich das Auswahlmenü öffnet.  
Wenn Sie die Fläche irgendwie bearbeiten, wird die Historie für das Objekt unterbrochen und Rhino warnt Sie davor.
2. Wählen Sie die Fläche aus und verziehen Sie sie. Rhino warnt Sie nun, dass dieses Verziehen die Historie unterbrochen hat.
3. Klicken Sie auf **OK**.



Vergewissern Sie sich, dass Sie den Befehl Rückgängig ausführen, nachdem sie die Warnung erhalten haben, um die Verbindung zwischen Eingaben und Ausgabe wiederherzustellen.



4. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feld **Historie aufnehmen** und aktivieren Sie die Option **Untergeordnete Objekte sperren**.  
Dadurch werden Sie daran gehindert, ein Kindobjekt so aktiv zu verändern, dass die Historie unterbrochen wird, wobei Sie es jedoch immer noch auswählen und seine Objekteigenschaften oder seine Ebene ändern können.

### Fortgeschrittene Flächenstrategien

Es gibt mehrere Möglichkeiten zur Erstellung eines abgerundeten Körpers wie dem der Abbildung unten.

In dieser Übung werden wir zwei verschiedene Methoden zur Flächenerzeugung mit denselben darunterliegenden Kurven untersuchen. Die Kurven in diesem Beispiel sind alle Tangentenbögen.

Die erste Methode benutzt die Kurven direkt. Bei der zweiten Methode planen wir etwas vorausschauender und berücksichtigen dabei auch die einfachen zugrunde liegenden Formen, die von den Kurven vorgegeben werden.

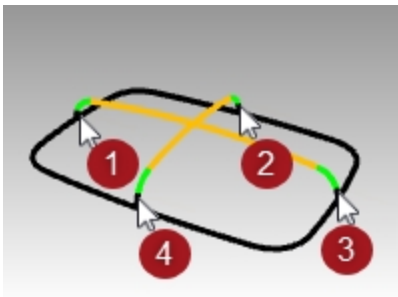
Die beiden Ansätze sind zwar unterschiedlich, aber keiner davon ist eindeutig besser oder widerspricht dem Anderen.

### Übung 7-1 Gewölbte Ecken (Teil 1)

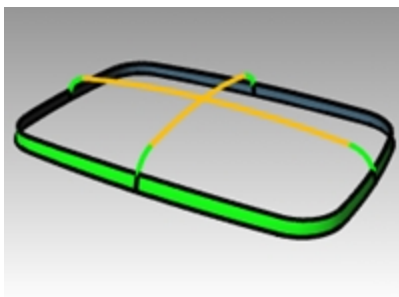


#### Erzeugung einer rechteckigen Form mit gewölbter Oberseite und runden Ecken

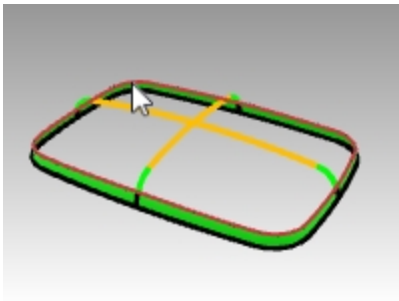
1. Öffnen Sie das Modell **Weiche Ecken.3dm**.
2. Verwenden Sie den Befehl **Verbinden** (Menü *Bearbeiten: Verbinden*), um die Bogen der rechteckigen Basisform zu vereinen.
3. Wechseln Sie in die Ebene **03 Aufziehen**. Führen Sie den Befehl **Aufziehen1Leitkurve** aus, um die erste Fläche zu erstellen.
4. Starten Sie den Befehl **Aufziehen1Leitkurve** (Menü *Fläche: Aufziehen an 1 Leitkurve*) und wählen Sie die verbundene Basis als erste Leitkurve.
5. Dann wählen Sie die vier Querschnittskurven der Reihe nach aus und drücken Sie die Eingabetaste.



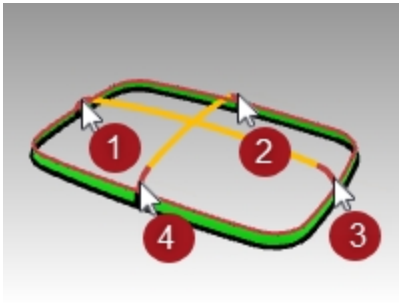
6. Aktivieren Sie im Dialog **Optionen Aufziehen an 1 Leitkurve** die Option **Geschlossenes Aufziehen** und klicken Sie auf OK.



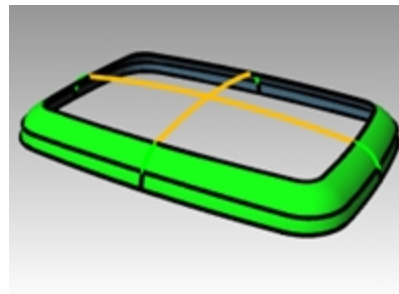
7. Wiederholen Sie den Befehl **Aufziehen1Leitkurve**, um die zweite Fläche zu erstellen.
8. Klicken Sie auf die Option **Kettenkanten** um auf die Unteroptionen **AutoKette=Ja** und **Kettenstetigkeit=Position** zugreifen zu können.
9. Wählen Sie die obere Kante der gerade erzeugten Fläche, indem Sie mit einem Klick die gesamte Kante auswählen, und drücken Sie die Eingabetaste.



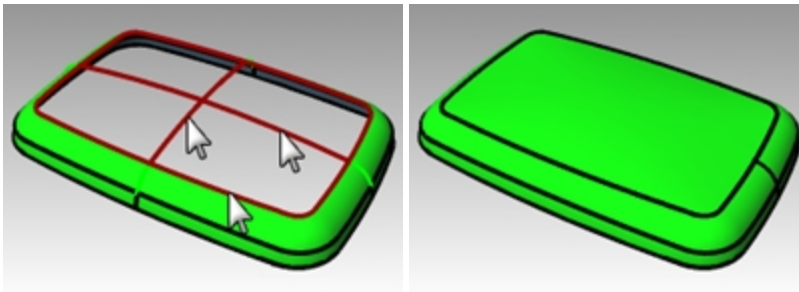
10. Dann wählen Sie die Querschnittskurven der Reihe nach und drücken Sie die **Eingabetaste**.



11. Ändern Sie im Dialogfenster **Optionen Aufziehen an 1 Leitkurve** den **Stil** auf **Mit Fläche ausrichten** und klicken Sie auf **OK**.  
So wird Tangentenstetigkeit zur ersten Fläche sichergestellt.

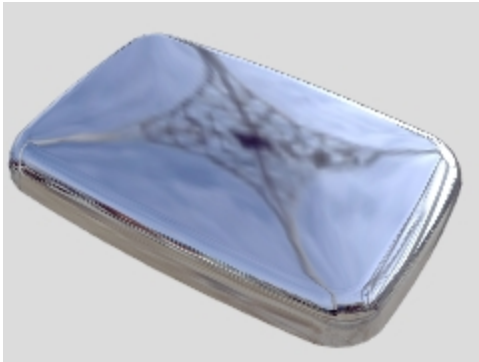


12. Verwenden Sie den Befehl **Füllfläche** (*Menü Fläche: Füllfläche*), um die Öffnung in der Mitte zu füllen.



### Überprüfen Sie die Fläche mit einer Umgebungstextur

1. Wählen Sie die eben erzeugten Flächen aus.
2. Starten Sie den Befehl **Umgebungstextur** (*Menü Analysieren: Fläche > Umgebungstextur*).
3. Klicken Sie auf **Polygonnetz anpassen** und verfeinern Sie das Polygonnetz auf eine ähnliche Art und Weise, wie Sie dies bereits bei der Analyse mit **Lichtlinien** getan haben.
4. Wählen Sie aus der Dropdownliste in den **Umgebungstexturoptionen** die Datei **Bogen.png** oder **Space Needle.png** aus.
5. Spielen Sie etwas mit der Ansicht.  
Beachten Sie die X-förmigen Pseudo-Reflexionen auf der Oberfläche. Sie ist keine saubere Interpretation der originalen Eingabekurven, sondern es ist vielmehr eine zusätzliche Verzerrung auf der Oberfläche vorhanden. Das heißt, dass selbst wenn wir alle Eingabekurven erfasst haben, sind die resultierenden Flächen nicht notwendigerweise sauber.



## Gewölbte Ecken - eine weitere Methode

Dieses Mal sehen wir uns die Eingabekurven genauer an und überlegen uns, wie wir daraus am besten die Flächen erstellen.

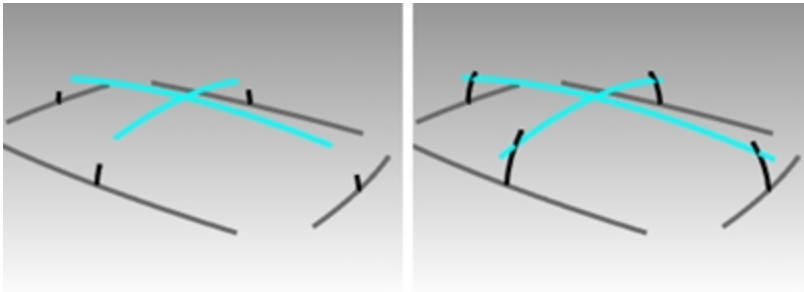
Es ist dabei wichtig, Hauptflächen mit guten Kurveneigenschaften zu erzeugen, ehe die sekundären oder Übergangsflächen erzeugt werden.

Die Hauptflächen definieren am Ende die Gesamtform. Sie neigen dazu, eine relativ ebene Krümmung zu haben, die geringer ist als jene der Übergänge. Übergangsflächen sind - wie der Name andeutet - Übergänge zwischen den Hauptformflächen. Sie neigen zu einer höheren Krümmung als die Hauptflächen. Verrundungen und Überblendungen werden beispielsweise im Allgemeinen als Übergangsflächen hinzugefügt.

In diesem Beispiel haben wir die vier Seitenflächen und die obere Fläche als Hauptflächen. Anschließend werden die Ecken als Verrundungen hinzugefügt. Da die Eingabekurven in unserem Beispiel vollständig aus Tangentenbögen bestehen, können wir die Seitenflächen und die obere Fläche als Rotationsflächen definieren. Dieser Flächentyp ist sehr einfach und exakt.

### Übung 7-2 Gewölbte Ecken (Teil 2)

1. Wechseln Sie in die Ebene **02 Separate Kurven** und deaktivieren Sie alle anderen Ebenen.
2. Blenden Sie die Verrundungskurve an jeder Ecke und die grünen Querschnittskurven aus.
3. **Sperren** Sie die roten Kurven. Wenn Sie gesperrt sind, werden sie in dunklem Grau angezeigt.
4. Verwenden Sie den Befehl **Verlängern** (*Menü Kurve: Kurve verlängern*) mit **Typ=Ursprünglich** und **Verlängerungslänge=10**, um beide Enden der cyanfarbigen Kurven sowie den oberen Teil der schwarzen Bogen zu verlängern und drücken Sie die **Eingabetaste**, um den Befehl abzuschließen. Jeder Bogen wird an jedem Ende mit dem bestehenden Bogenradius verlängert.

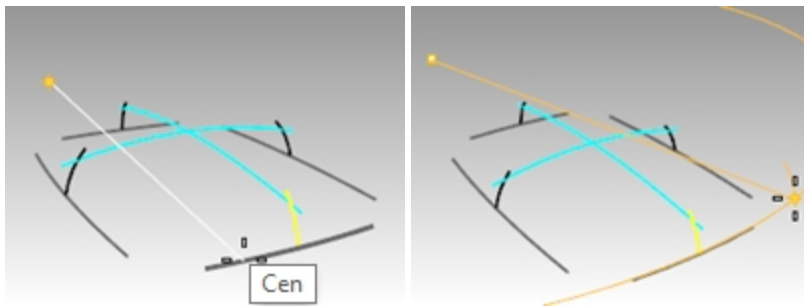


Das Ziel ist die Verlängerung der Bogen, so dass sie sich wie in der Abbildung schneiden. Die exakte Länge ist dabei nicht so wichtig.

5. Aktivieren Sie die Ebene **04 Surfaces** und stellen Sie sie als aktuelle Ebene ein.
6. **Entsperren** Sie die zuvor gesperrten roten Kurven.
7. Verwenden Sie den Befehl **Rotation** (*Menü Fläche: Rotation*), um Flächen aus zwei angrenzenden verlängerten vertikalen Kurven zu erzeugen.
8. Fangen Sie die Mitte der Grundkurve und platzieren Sie dort den Start der Rotationsachse.
9. Drücken Sie die **Eingabetaste** um die **Z-Achsenrichtung der Konstruktionsebene** als **Ende der Rotationsachse** zu verwenden.

Wenn Sie sich im **Ansichtsfenster Perspektive** befinden, wird so automatisch die vertikale Achse ausgewählt und Sie sparen sich damit die komplizierte Definition des zweiten Punktes.

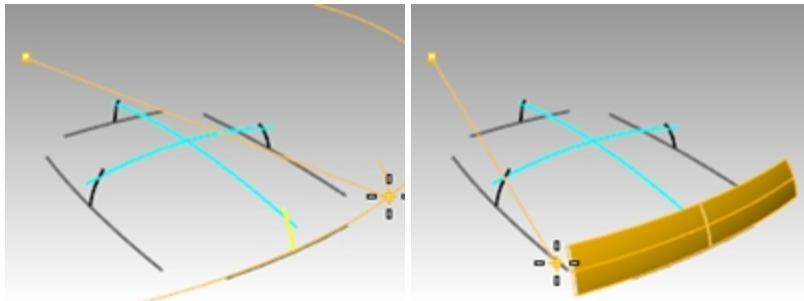




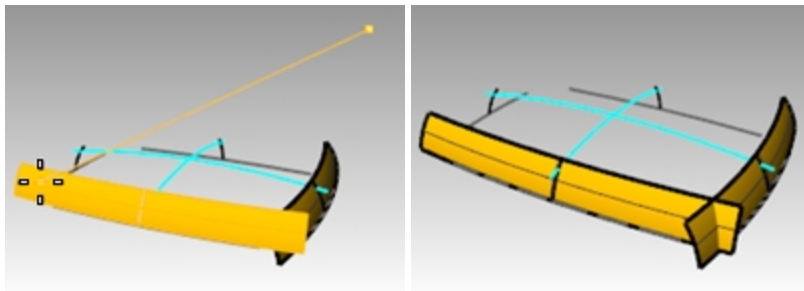
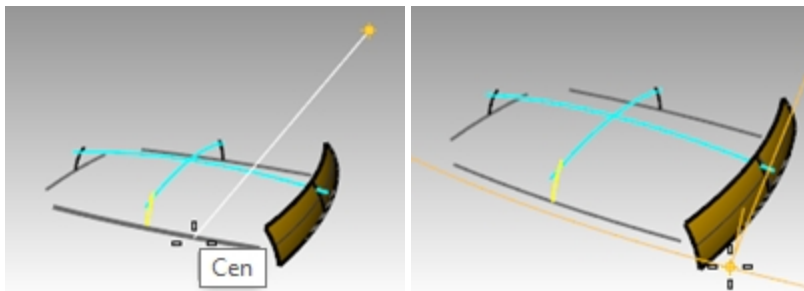
10. Wählen Sie als **Startwinkel** in etwa wie in der Zeichnung dargestellt eine Stelle außerhalb der gewünschten Endfläche.

**Ortho** muss an dieser Stelle **deaktiviert** sein.

Das Ziel ist die Erzeugung einer Fläche, die länger ist als für den Körper nötig, so dass der exakte Start- und Endpunkt von untergeordneter Bedeutung ist.

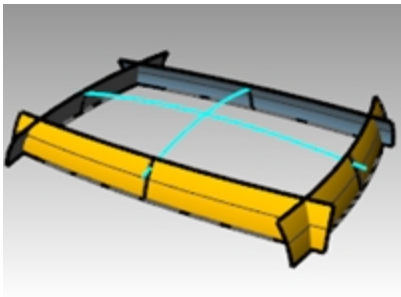


11. Klicken Sie zur Wahl des **Rotationswinkels** auf einen weiteren Punkt und erzeugen Sie so die vertikale Fläche.
12. Erstellen Sie nun auf dieselbe Art und Weise eine angrenzende vertikale Fläche.



u

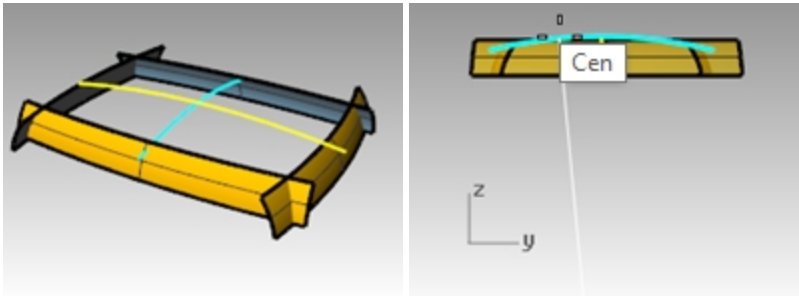
13. Verwenden Sie die Verweise **MX** und **MY**, die Sie am ersten Tag erstellt haben und **spiegeln** Sie so die Flächen am Ursprung.



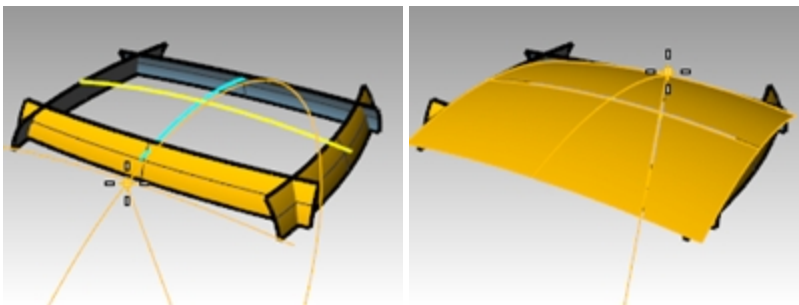
### Erzeugung der oberen Fläche

In diesem Beispiel werden wir die obere Fläche durch die Rotation einer der oberen Kurven um das Zentrum der anderen oberen Kurve erstellen. Da wir uns in der **Perspektivischen** Ansicht befinden, müssen wir für dieses Ansichtsfenster die Konstruktionsebene ändern.

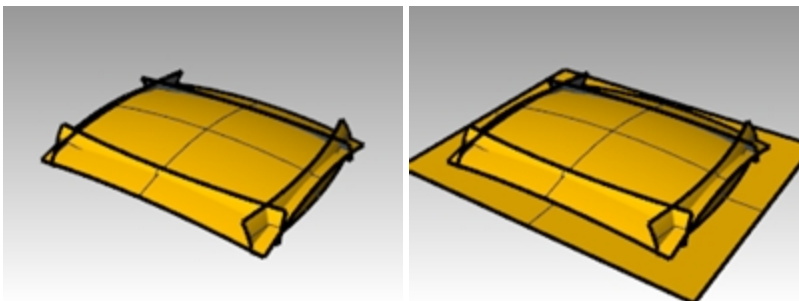
1. Verwenden Sie den Befehl **Rotation** (*Menü Fläche: Rotation*), um die obere Fläche aus dem längeren oberen Bogen zu erzeugen.
2. Fangen Sie das Zentrum des kürzeren oberen Bogens im Ansichtsfenster **Rechts**, um den **Start der Rotationsachse** anzugeben.



3. Drücken Sie die **Eingabetaste** um die **Z-Achsenrichtung der Konstruktionsebene** als **Ende der Rotationsachse** zu verwenden.
4. Wählen Sie den **Startwinkel** wie dargestellt.
5. Klicken Sie auf einen weiteren Punkt, um den **Rotationswinkel** zur Erstellung der oberen Fläche auszuwählen.



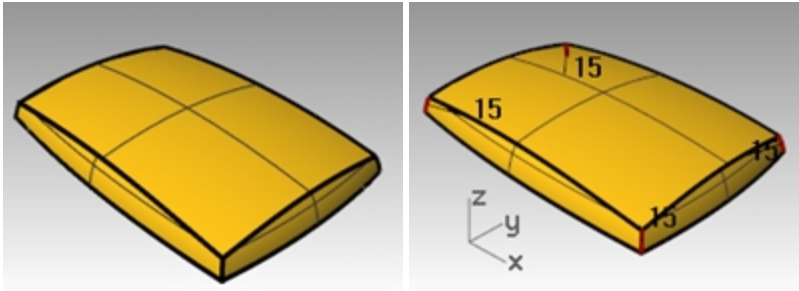
6. Verwenden Sie den Befehl **Schnittebene** (*Menü Fläche: Ebene > Schnittebene*), um eine Schnittebene am Ursprung in der Z-Achse zu erstellen.



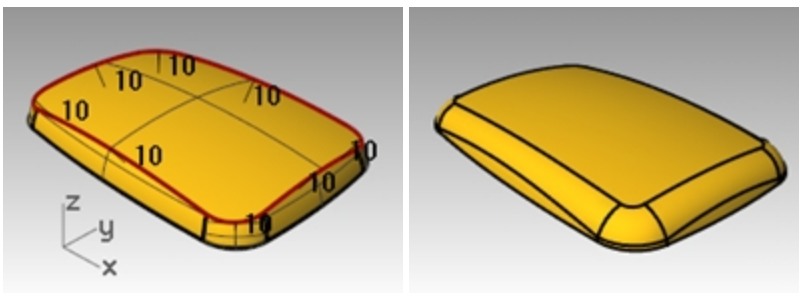
### Verbindung der Flächen zu einem Volumenkörper

1. Verwenden Sie den Befehl **VolumenkörperErzeugen** (*Menü Volumenkörper: Volumenkörper erzeugen*), um die

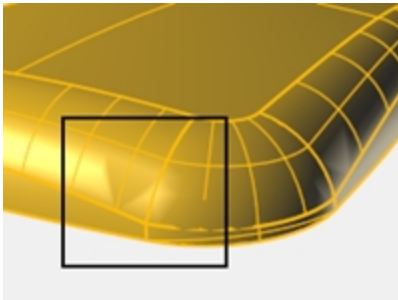
- Flächen zu einem geschlossenen Volumenkörper zu verbinden und überflüssige Flächenteile zu trimmen.
2. Verwenden Sie den Befehl **KanteVerrunden** (*Menü Volumenkörper: Kanten verrunden > Kanten verrunden*), um die Kanten zu verrunden.
  3. Setzen Sie **AktuellerRadius** auf **15**, wählen Sie die vier vertikalen Kanten aus und drücken Sie **Enter**.



4. Wiederholen Sie den Befehl **KanteVerrunden** zur Verrundung der oberen Kanten.
5. Setzen Sie den **Radius** auf **10**, wählen Sie die acht oberen Kanten aus und drücken Sie **Enter**. Die erhaltene Fläche ist sehr sauber und glatt und weist keine spitzen Ecken auf.



**Hinweis:** Gelegentlich treten in der schattierten Ansicht in einer oder mehreren Ecken kleinere Fehler auf. Dies ist allerdings lediglich ein Rendernetz-bezogener Defekt. Mit der Geometrie ist dabei alles in Ordnung.

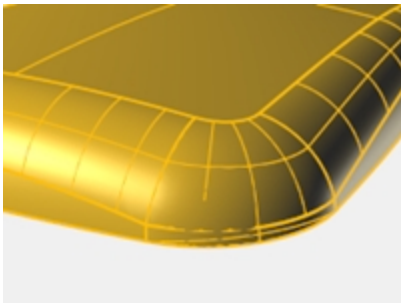


### Reparatur des Polygonnetzes

1. Verwenden Sie den Befehl **Optionen**, um die Polygonnetzeinstellungen zu ändern.
2. Stellen Sie im Abschnitt **Polygonnetz** die Option **Benutzerdefiniert** ein. Verwenden Sie die Einstellungen unten.



Der visuelle Defekt verschwindet.



# Kapitel 8 - Fortgeschrittene Flächenkonzepte

Es gibt eine Unzahl komplexer und schwieriger Flächenprobleme. In diesem Abschnitt sehen wir uns verschiedene Tricks zur sauberen Erstellung bestimmter Flächentypen an. Neben der Veranschaulichung einiger spezieller Techniken ist es ein weiteres Ziel dieser Einheit, Methoden zur kreativen Kombination von Rhino-Werkzeugen vorzuführen, mit denen Flächenprobleme gelöst werden können.

In diesem Kapitel lernen Sie, wie Sie gewölbte Formen und Flächen mit Falten erzeugen und Techniken zur Kurvenglättung verwenden können.

## Gewölbte Tasten

Das Ziel der Flächenerzeugung in dieser Übung besteht darin, eine Wölbung auf einer Form wie der einer Telefontaste zu erzeugen, bei dem der obere Teil der umgebenden Fläche mit der allgemeinen Kontur übereinstimmt, dabei aber die eigene Form beibehält. Es gibt verschiedene Wege, dies anzugehen; drei dieser Methoden werden wir uns anschauen.

### Übung 8-1 Gewölbte Tasten

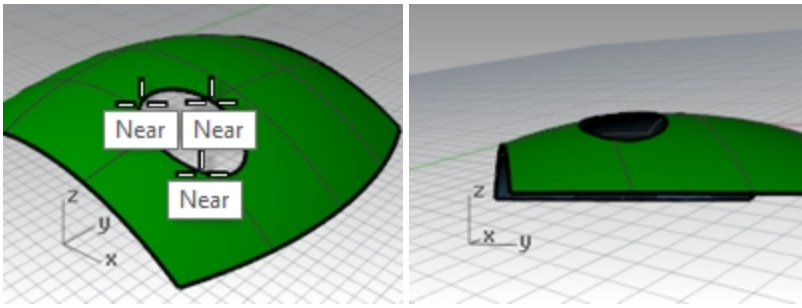


#### Öffnen und Vorbereiten des Modells

1. Öffnen Sie das Modell **Gewölbte Knöpfe.3dm**.  
Der Schlüssel zu dieser Übung ist die Definition einer benutzerdefinierten Konstruktionsebene, die durch den entsprechenden Flächenbereich verläuft. Wenn Sie die Konstruktionsebene einmal definiert haben, gibt es eine Reihe von Verfahren zur Flächenerzeugung.  
Eine Konstruktionsebene kann auf verschiedene Weisen definiert werden. In dieser Übung werden wir uns vier Methoden ansehen: Konstruktionsebene durch drei Punkte, Konstruktionsebene senkrecht zu einer Kurve, Konstruktionsebene tangential zu einer Oberfläche und Anpassung einer Ebene an ein Objekt.
2. Verwenden Sie den Befehl **EineEbeneEin** um die Ebene **Flächen zum Anpassen** zu **aktivieren** und die Fläche mit dem Schnitt der Taste anzuzeigen.

#### Erzeugung einer benutzerdefinierten Konstruktionsebene aus drei Punkten

1. Deaktivieren Sie die Modellierhilfen Ortho und Rasterfang.
2. Starten Sie den Befehl **Konstruktionsebene** mit der Option **3Punkte** (*Menü Ansicht: KEbene definieren > 3 Punkte*).
3. Wählen Sie im Ansichtsfenster **Perspektive** mithilfe des Objektfangs **Nächst** drei Punkte auf der Kante der getrimmten Öffnung aus.  
Die Konstruktionsebene verläuft nun durch die drei Punkte. Der Ursprung der Konstruktionsebene befindet sich dabei am ersten Punkt.

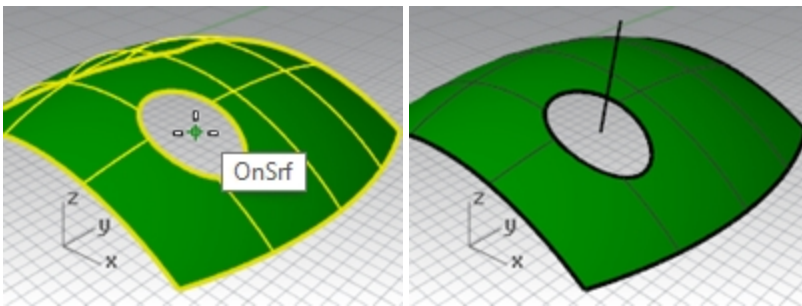


4. Drehen Sie das **perspektivische Ansichtsfenster**, um zu überprüfen, dass das Raster an der getrimmten Öffnung ausgerichtet ist.

### Erzeugung einer benutzerdefinierten Konstruktionsebene senkrecht zu einer Kurve

Um eine zu einem beliebigen Punkt einer Fläche tangentialen Konstruktionsebene zu erzeugen, benötigen Sie eine zur Fläche senkrecht stehende Linie und eine zu dieser Linie senkrechte Konstruktionsebene.

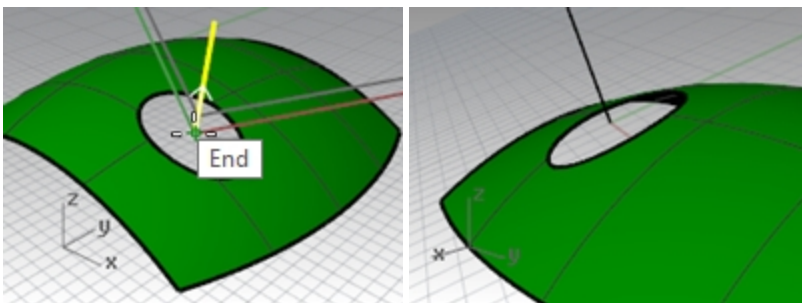
1. Starten Sie den Befehl **Konstruktionsebene** mit der Option **Vorherige** (*Menü des Ansichtsfensters mit rechter Maustaste: KEbene definieren > KEbenenänderung rückgängig*).
2. Verwenden Sie den Befehl **Linie** mit der Option **Normale** (*Menü Kurve: Linie > Senkrecht zu Fläche*), um an einem Punkt nahe der Mitte der getrimmten Öffnung eine zur Fläche senkrechte Linie zu zeichnen.



Setzen Sie die Option **Trimmungen ignorieren = Ja**, damit Sie die Linie innerhalb der getrimmten Öffnung zeichnen können.

3. Starten Sie den Befehl **Konstruktionsebene** mit der Option **Kurve** (*Menü Ansicht: KEbene definieren > Rechtwinklig zu Kurve*).
4. Wählen Sie die Normalenlinie.
5. Verwenden Sie den Objektfang **End** und wählen Sie das Ende der Normalenlinie an der Stelle, an der sie die Fläche schneidet.

Die Konstruktionsebene liegt nun rechtwinklig zur Normalen.

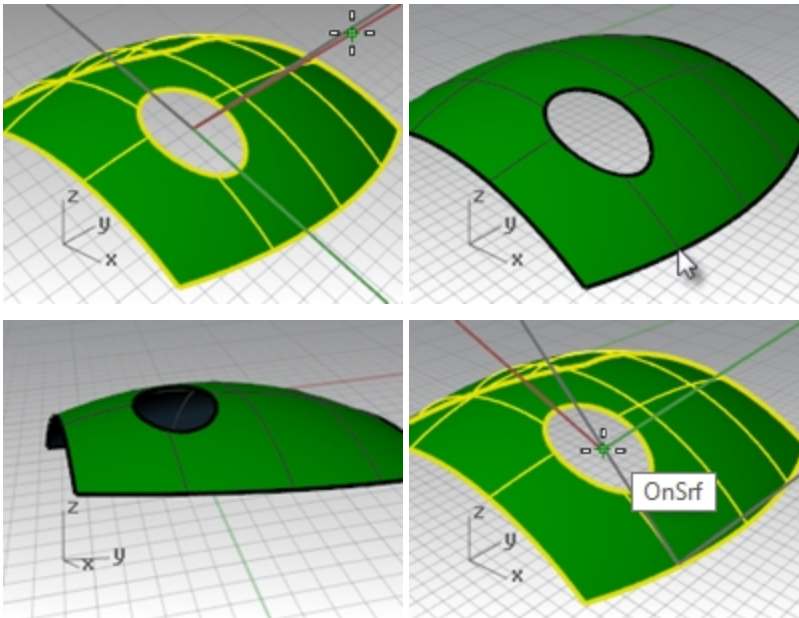


### Erzeugung einer benutzerdefinierten Konstruktionsebene auf einer Fläche

Diese Funktion definiert die Konstruktionsebene so, dass sie an eine Fläche angepasst wird. Die Platzierung wird beschränkt, so dass die Konstruktionsebene an einem beliebigen Punkt auf der Fläche tangential zu dieser Fläche liegt. Dies funktioniert wie die vorherige Methode, ohne dass die Normalenlinie erzeugt werden muss.

1. Definieren Sie die **KEbene** auf die vorherige Option (*Menü des Ansichtsfensters mit rechter Maustaste: KEbene definieren > KEbenenänderung rückgängig*).
2. **Löschen** Sie die Normalenlinie.
3. Starten Sie den Befehl **KEbene** mit der Option **Fläche** (*Menü Ansicht: KEbene definieren > Ursprung*).
4. Wählen Sie die Fläche aus.

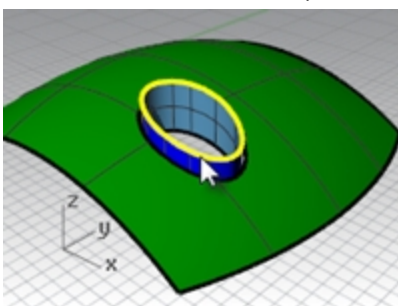
- Ändern Sie für den Ursprung der **Konstruktionsebene** die Option **TrimmungenIgnorieren** auf **Ja** und wählen Sie einen Punkt in der Nähe der Mitte der Öffnung.
- Wählen Sie als **X-Achsenrichtung** einen Punkt in der Richtung der langen Bemaßung der Trimmungskurve aus. Die Konstruktionsebene wird am Ursprung tangential zur Fläche definiert.



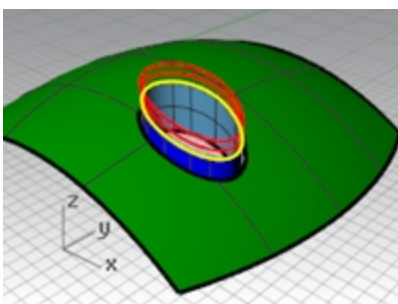
### Option 1 - Verwendung einer Loftfläche zum Erstellen der Taste

Mit dem Befehl **EbeneDurchPunkt** wird eine Konstruktionsebene aus einem Muster extrahierter Punktobjekte erstellt. Der Befehl **Konstruktionsebene** mit der Option **Objekt** platziert eine Konstruktionsebene mit ihrem Ursprung in die Mitte der Ebene. Für die Taste der vorliegenden Datei ist dies eine gute Wahl. Es gibt mehrere Kurven, aus denen die Punkte extrahiert werden können, wie z.B. aus den Kanten der Taste oder aus der getrimmten Öffnung in der umgebenden Fläche.

- Starten Sie den Befehl **Konstruktionsebene** mit der Option **Vorherige** (*Menü des Ansichtsfensters mit rechter Maustaste: KEbene definieren > KEbenenänderung rückgängig*).
- Aktivieren Sie die Ebenen **Flächen** und **Kurven**. Stellen Sie die **Kurven**-Ebene als aktuelle Ebene ein.
- Verwenden Sie den Befehl **KanteDuplizieren** (*Menü Kurve: Kurve aus Objekten > Kante duplizieren*) um die obere Kante der Tastenfläche zu duplizieren und drücken Sie die **Eingabetaste**.

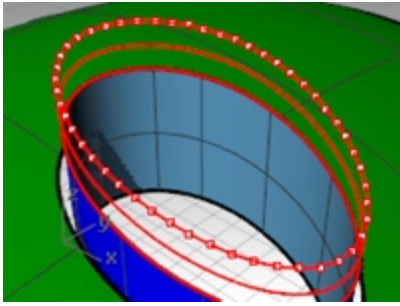


- Kopieren** Sie die duplizierte Kurve zweimal vertikal, in einem Abstand von ca. 5 mm. Die vertikale Position dieser Kurven wird später die Form der Taste bestimmen.

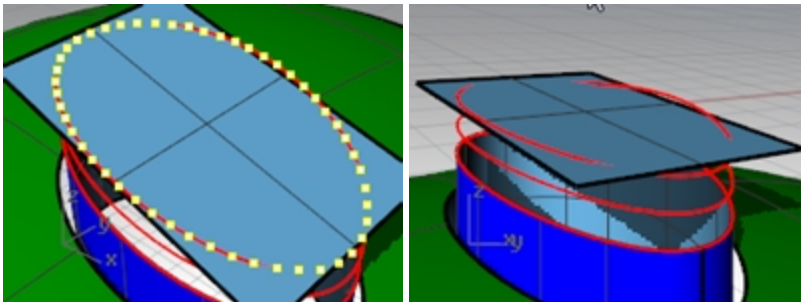




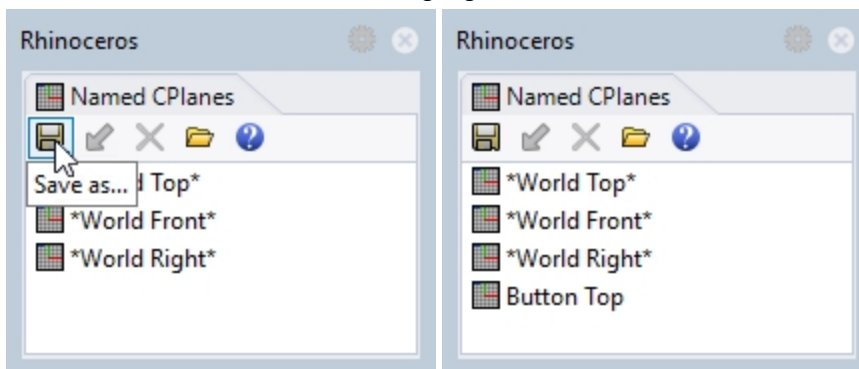
- Verwenden Sie den Befehl **Unterteilen** (Menü *Kurve: Punktobjekt > Kurve unterteilen mit > Anzahl Segmente*), um die Kurve mit **50** Punkten zu markieren.  
Setzen Sie in der Befehlszeile **Teilen=Nein** und **GruppenAusgabe=Ja**.



- Verwenden Sie den Befehl **LetzteAuswahl**, um die eben erzeugten Punkte auszuwählen.
- Verwenden Sie den Befehl **EbeneDurchPunkt** (Menü *Fläche: Ebene > Durch Punkte*) mit den ausgewählten Punkten.
- Drücken Sie die Taste **Entf**, um die immer noch ausgewählten Punktobjekte zu löschen.  
Das Ergebnis ist nun eine rechteckige Ebene durch die ausgewählten Punkte.



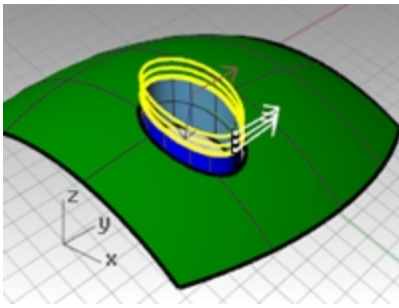
- Verwenden Sie den Befehl **Konstruktionsebene** mit der Option **Objekt** (Menü *Ansicht: KEbene definieren > An Objekt*), um die Konstruktionsebene an der Ebene auszurichten.
- Wählen Sie im Menü **Ansicht** den Eintrag **KEbene definieren**, gehen Sie auf **Benannte KEbenen**, klicken Sie auf die Schaltfläche **SpeichernUnter** und nennen Sie die benutzerdefinierte Konstruktionsebene **Taste oben**.  
Dadurch können Sie diese benutzerdefinierte Konstruktionsebene jederzeit wiederherstellen.
- Löschen** Sie die Fläche, die Sie zur Erzeugung der Konstruktionsebene **Taste oben** verwendet haben.



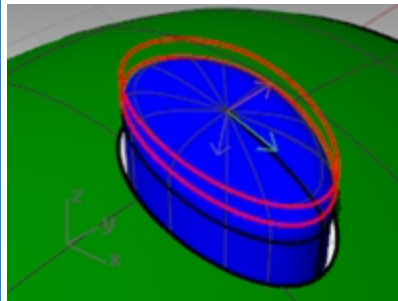
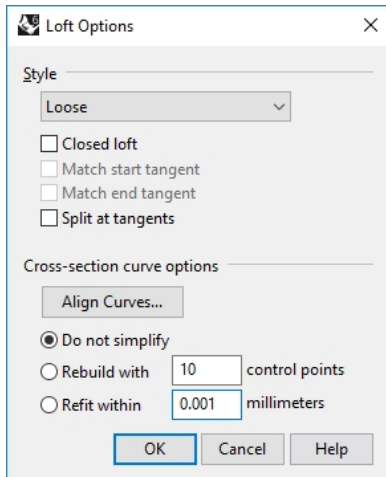
### Loften der Taste

- Stellen Sie die **Flächen**-Ebene als aktuelle Ebene ein.
- Verwenden Sie den Befehl **Loft**, um die Taste zu erstellen.
- Wählen Sie die obere Kante der Fläche und die zwei kopierten Kurven aus.
- Nach Auswahl der Kurven klicken Sie in der Befehlszeile auf die Option **Punkt**.
- Stellen Sie sicher, dass die Ansicht der benutzerdefinierten Konstruktionsebene die aktuelle Ansicht ist, geben Sie als Endpunkt des **Lofts** den Wert **0** (Null) ein und drücken Sie die **Eingabetaste**.  
Die Loftfläche endet dadurch am Ursprung der Konstruktionsebene.

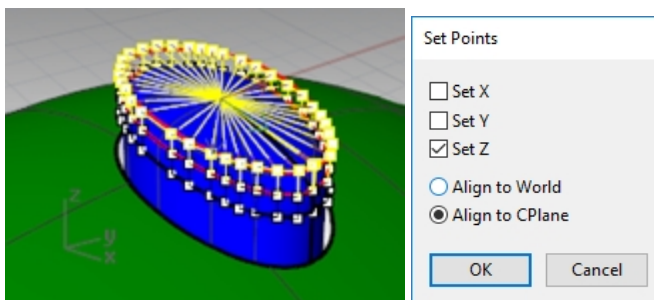




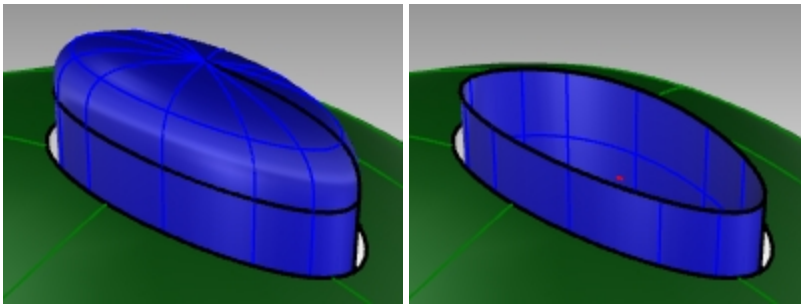
6. Wählen Sie im Dialogfenster der **Loftoptionen** als **Stil** die Option **Verringert** aus und klicken Sie auf **OK**. Mit der Option **Verringert** werden die Kontrollpunkte der Eingabekurven zu Kontrollpunkten der erhaltenen Fläche, wohingegen die Loftfläche bei Auswahl der Option **Normal** durch die Kurven interpoliert wird.



7. Aktivieren Sie die Kontrollpunkte der gelofteten Fläche.  
 8. Um den nächsten Punktering aus der Mitte auszuwählen, wählen Sie einen Punkt aus und verwenden Sie dann **AuswahlV** oder **AuswahlU**, um den ganzen Punktering auszuwählen.  
 9. Verwenden Sie den Befehl **PunktDefinieren** (*Menü Transformieren: XYZ-Koordinaten definieren*), um die ausgewählten Kontrollpunkte auf die gleiche KEbenen-Z-Höhe wie die Singularität in der Mitte der Fläche einzustellen, indem Sie den Punkt auf der Singularität fangen. Sie haben eine aktive KEbene und können alle Z-Werte der Punkte definieren, relativ zur KEbene. Die Z-Werte werden die gleichen sein wie am Mittelpunkt. Heben Sie die Markierung der Optionen X definieren und Y definieren auf (Mit Rechtsklick auf 'Z definieren' können Sie diese Option auswählen und zugleich die anderen beiden deaktivieren).  
 10. Stellen Sie im Dialogfenster die Option **An KEbene ausrichten** ein. Diese Höhe ist relativ zur aktuellen Konstruktionsebene.



11. Fangen Sie bei aktiviertem Ofang **Punkt** den Punkt in der Mitte des Lofts, bei dem es sich um den Punkt auf der Singularität handelt.



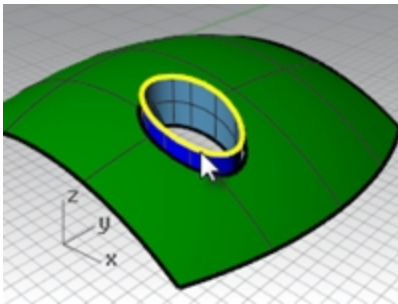
**Hinweis:** Sie können bei der Erzeugung der Loftfläche die **Historie** verwenden, wobei in diesem Fall der Befehl **PunktDefinieren** auf die oberste Kurve des Lofts und nicht auf die Loftkontrollpunkte angewendet werden sollte.

12. Blenden Sie die obere Tastenfläche aus.

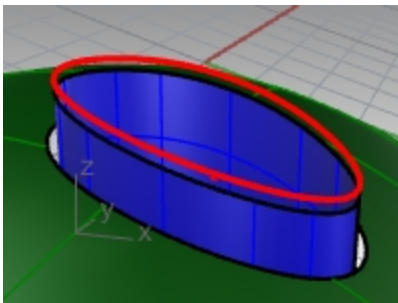
### Option 2 - Verwendung einer Füllfläche zum Erstellen der Taste

Als nächstes werden Sie die untere Fläche mithilfe des Befehls **Füllfläche** erstellen. Füllfläche unterstützt auch Historie. Wenn Historie aufnehmen während der Verwendung des Befehls **Füllfläche** zur Erzeugung der Tastenfläche aktiviert ist, wird durch Änderung der Eingabefläche die Füllfläche aktualisiert.

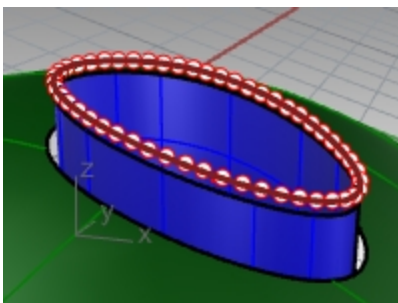
1. Verwenden Sie den Befehl **KanteDuplizieren**, um die obere Kante der Fläche zu duplizieren.



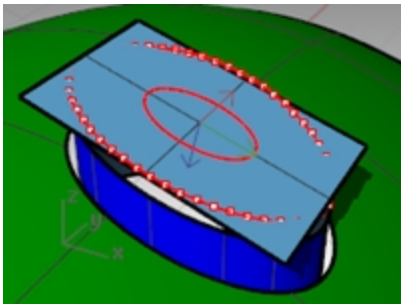
2. Verschieben Sie die duplizierte Kurve ein wenig aufwärts in Welt-Z-Richtung.



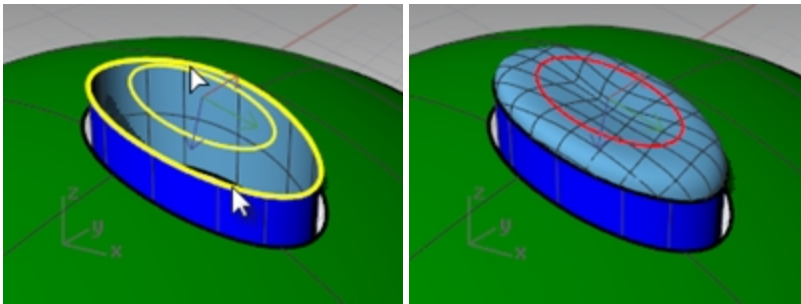
3. Verwenden Sie den Befehl **Unterteilen**, um diese Kurve wie zuvor mit **50** Punkten zu markieren.



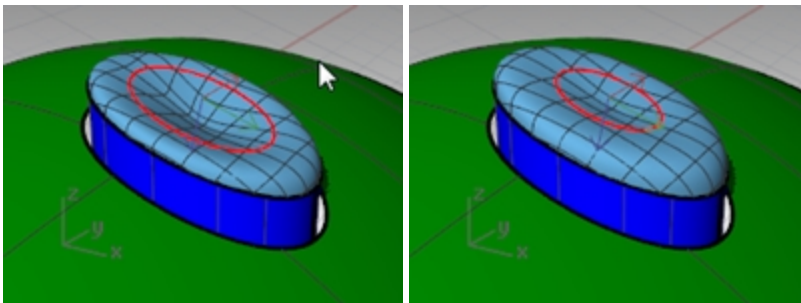
4. Verwenden Sie den Befehl **EbeneDurchPunkt** mit den ausgewählten Punkten und löschen Sie die Punkte wie in der vorherigen Übung.
5. Verwenden Sie den Befehl **Konstruktionsebene** mit der Option **Objekt**, um die Konstruktionsebene an die planare Fläche anzupassen.
6. Erzeugen Sie einen Kreis oder eine Ellipse mit Mittelpunkt im Ursprung der personalisierten Konstruktionsebene.



7. Verwenden Sie den Befehl **Füllfläche** unter Auswahl der oberen Kante der Taste sowie der Ellipse oder des Kreises. Die erhaltene Fläche ist tangential zur Kante und oben leicht konkav.



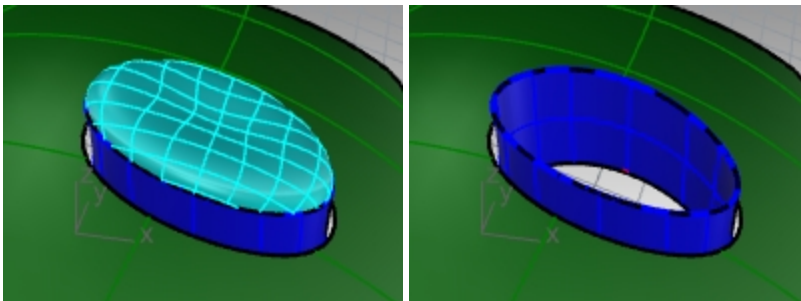
Die Größe und vertikale Position von Kreis/Ellipse beeinflussen dabei die Flächenform.



**Hinweis:** Wenn Sie bei der Erzeugung der Füllfläche die **Historie** aufgezeichnet haben, können Sie die Ellipse auswählen und durch Veränderung/Bewegung derselben die Form der Fläche anpassen.

Für diese Anpassungen eignet sich die **Gumball**-Kontrolle. Stellen Sie dabei sicher, dass die **Gumball-Ausrichtung** auf **KEbene** gesetzt ist.

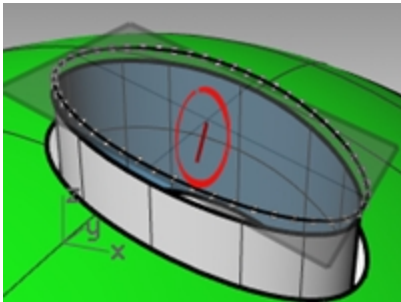
8. Blenden Sie diese obere Tastenfläche aus.



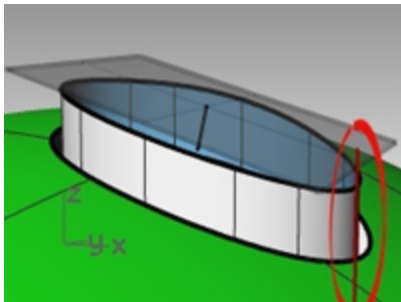
### Option 3 - Verwenden Sie Rotation um Leitkurve mit Linie als Rotationsachse und passen Sie die Fläche an.

1. Verwenden Sie den Befehl **KanteDuplizieren**, um die obere Kante der Fläche zu duplizieren.
2. **Verschieben** Sie die duplizierte Kurve ein wenig in Z-Richtung.
3. **Teilen** Sie diese Kurve mit 50 Punkten.
4. Erzeugen Sie wie zuvor eine Fläche mit **EbeneDurchPunkt**. Löschen Sie die Punkte wie in der vorherigen Übung.
5. Verwenden Sie den Befehl **Konstruktionsebene** mit der Option **Objekt**, um die Konstruktionsebene an die planare Fläche anzupassen.
6. Verwenden Sie den Befehl **Sperren** (*Menü Bearbeiten: Sichtbarkeit > Sperren*) um die mit **EbeneDurchPunkt** erzeugte Fläche zu sperren.

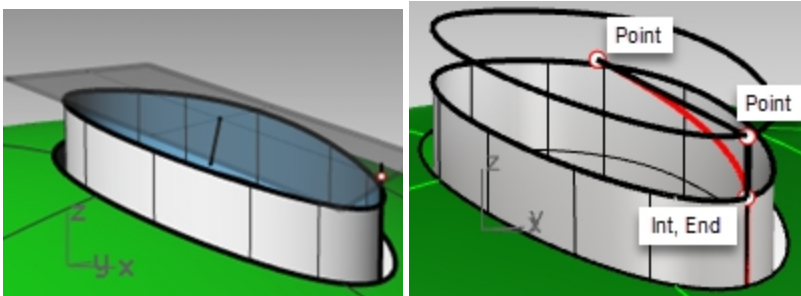
- Verwenden Sie den Befehl **Linie** mit der Option **Vertikal**, um eine Linie einer beliebigen Länge vom Ursprung der Konstruktionsebene aus abwärts zu erstellen.



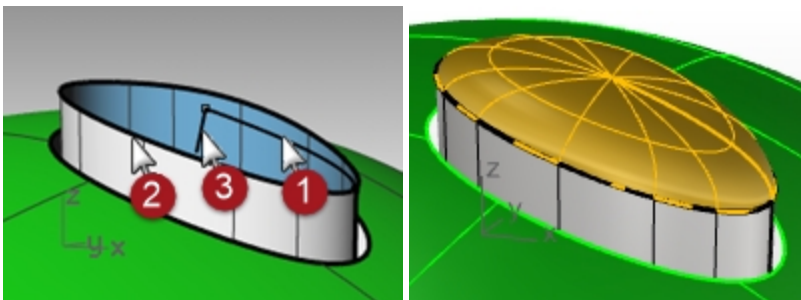
- Verwenden Sie den Befehl **Verlängern** (*Menü Kurve: Kurve verlängern > Mit Linie*), um die Kante am Saum durch die rechteckige Fläche zu verlängern. (Wenn kein Saum verfügbar ist, verwenden Sie IsokurveExtrahieren um eine Kurve aus der Fläche zu erzeugen und verlängern Sie diese.)



- Verwenden Sie den Befehl **Schnitt** (*Menü Kurve: Kurve aus Objekten > Schnittpunkt*), um den Schnittpunkt zwischen der verlängerten Linie und der rechteckigen Fläche zu finden.
- Verwenden Sie den Befehl **Kurve**, um eine Kurve vom Ende der senkrechten Linie über den gefundenen Schnittpunkt als mittlerem Kontrollpunkt zum Ende der Naht zu zeichnen.



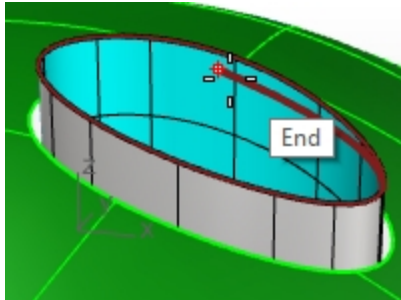
- Starten Sie den Befehl **RotationLeitkurve** (*Menü Fläche: Rotation um Leitkurve*). Stellen Sie die Option **Skalierungshöhe** auf **Ja** ein.  
Im Allgemeinen ist es in diesem Fall hilfreich, HöheSkalieren auf Ja zu setzen, da die Leitkurve nicht planar ist. Sie werden die obere Kante der extrudierten Taste als Leitkurve auswählen.
- Wählen** Sie die eben erzeugte Kurve (1) als Profilkurve und die obere Kante der Fläche (2) als Pfadkurve aus. Wählen Sie das obere Ende der vertikalen Linie (3) als Anfang und das untere Ende als Ende der Rotationsachse.



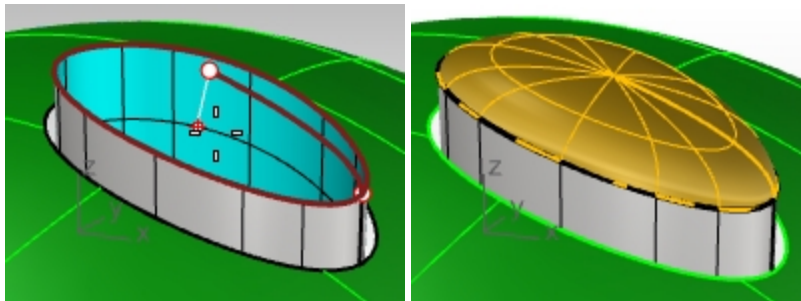
Der zweite Punkt liegt dann direkt vom Ursprung aus vertikal, sowie relativ zur KEbene (nicht zur Welt-KEbene).

**Optionaler Aufzugmodus:** Statt die vertikale Linie zu erzeugen und die Endpunkte auszuwählen, um Beginn und Ende der Rotationsachse festzulegen, verwenden Sie den **Aufzugmodus**.

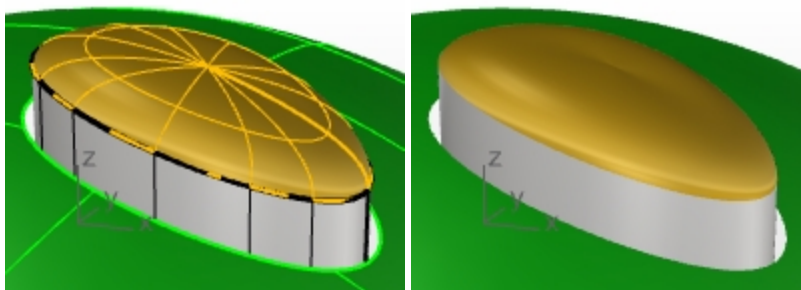
Wählen Sie bei der Eingabeaufforderung **Start der Rotationsachse** den Endpunkt der Profilkurve mit dem **End-Ofang** aus.



Halten Sie dann die **Strg**-Taste gedrückt und klicken Sie wieder auf denselben Endpunkt auf der Profilkurve. Als nächstes ziehen Sie den Mauszeiger in eine gewisse Entfernung und wählen Sie mithilfe des Aufzugmodus den zweiten Punkt aus. So erhalten Sie die Eingabe der Rotationsachse, ohne dass Sie eine Linie erzeugen müssen.

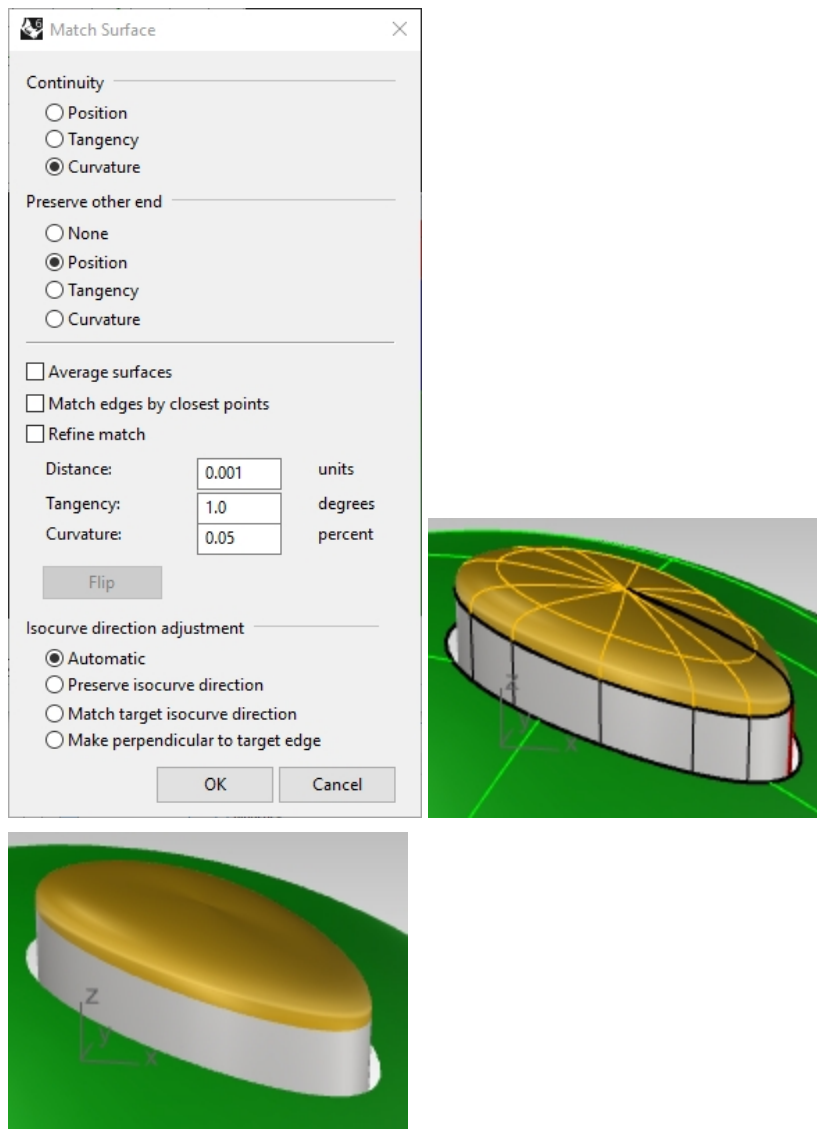


13. **RotationLeitkurve** achtet nicht auf die Stetigkeit während der Flächenerzeugung,



so dass Sie zur Einstellung von Tangenten- oder Krümmungsstetigkeit die neue Fläche mithilfe des Befehls **FlächeAnpassen** an die vertikalen Seiten der Taste anpassen müssen.

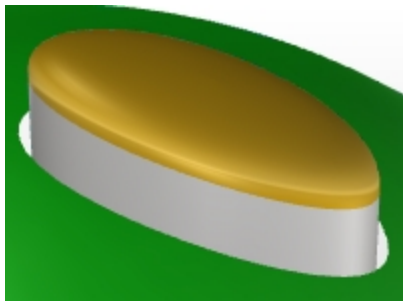
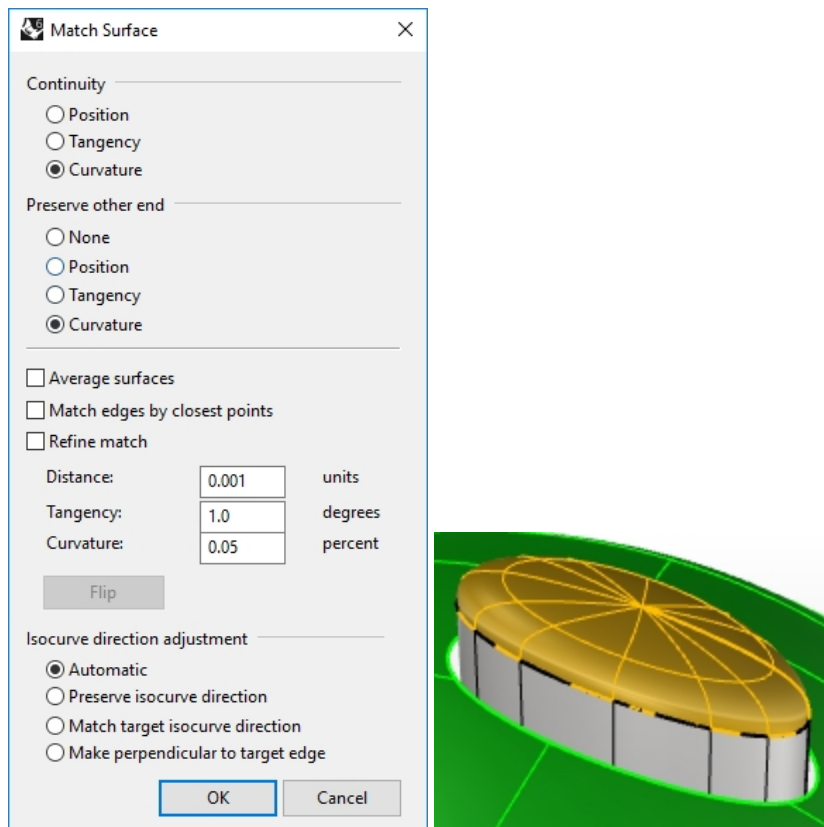
Stellen Sie im Dialog **FlächeAnpassen** die **Stetigkeit** auf **Krümmung** ein und **Anderes Ende beibehalten** auf **Position**, sowie **Anpassung der Isokurvenrichtung** auf **Automatisch**.



Bei näherem Betrachten scheint es oben zu einer Berührung zu kommen. Machen Sie **rückgängig** und versuchen Sie diese **Anpassung** erneut.

14. Stellen Sie im Dialog **FlächeAnpassen** die **Stetigkeit** auf **Krümmung** und **Anderes Ende beibehalten** ebenfalls auf **Krümmung** ein, sowie **Anpassung der Isokurvenrichtung** auf **Automatisch**.





Mit diesen Einstellungen sieht die Stetigkeit der Tastenfläche nach FlächeAnpassen besser aus.

## Flächen mit Falten

Oft kommt es vor, dass eine Fläche mit einer Falte erstellt werden muss, die mit einem bestimmten Winkel beginnt, der im Verlauf abnimmt oder ganz verschwindet. Dies kommt zum Beispiel in Karosserien wie in der Abbildung vor. Die folgende Übung erläutert zwei mögliche Situationen.



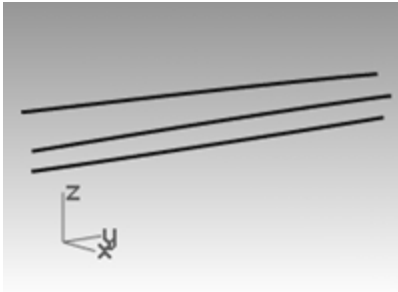
## Übung 8-2 Flächen mit einer Falte (Teil 1)

Der Schlüssel zu folgender Übung liegt darin, zwei Flächen zu finden, die an den beiden Enden mit unterschiedlicher Stetigkeit zusammenlaufen. Wir werden die Flächen an einem Ende mit einem Winkel von 10 Grad und am anderen Ende mit Tangentenstetigkeit aneinander passen. Dafür erzeugen wir eine Referenzfläche mit den richtigen Winkeln und verwenden sie, um die untere Kante der oberen Fläche anzupassen. Wenn die Referenzfläche gelöscht oder ausgeblendet wird, erscheint die Falte zwischen den beiden Flächen, die wir behalten möchten.

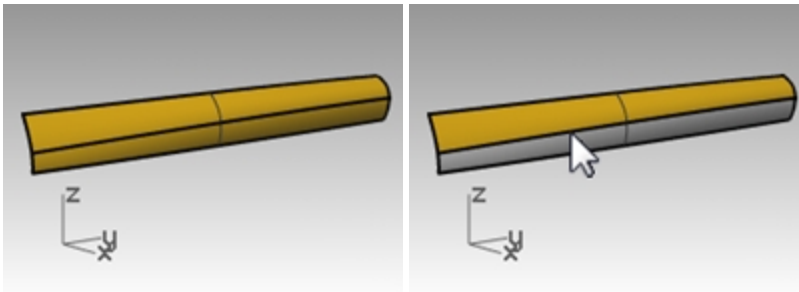
### Öffnen und Vorbereiten des Modells

1. **Öffnen** Sie das Modell **Falte 01.3dm**.
2. Aktivieren Sie die Ebenen **Kurve** und **Loft**.
3. Legen Sie **Loft** als aktuelle Ebene fest.
4. Verwenden Sie den Befehl **Loft**, um eine Fläche aus den drei Kurven zu erstellen.

Der Befehl **Loft** speichert die gewählten Optionen zwischen den verschiedenen Übungen. Achten Sie jetzt also darauf, den **Loftstil** auf **Normal** einzustellen und die Option **Nicht vereinfachen** zu aktivieren.



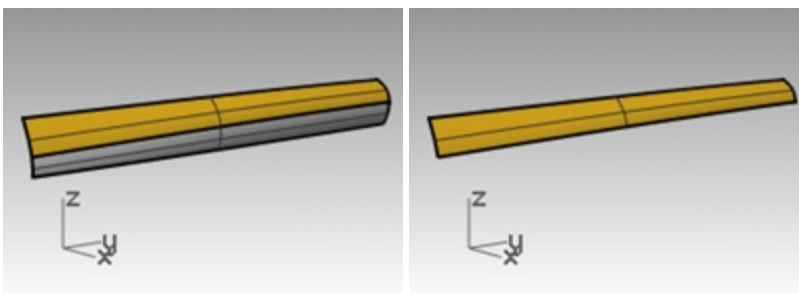
5. Wir werden eine Fläche erzeugen, die alle Kurven enthält, aber über eine Falte entlang der mittleren Kurve verfügt.  
Verwenden Sie die mittlere Kurve, um die erhaltene Fläche in zwei Teile zu **teilen**.
6. Verwenden Sie den Befehl **TrimmflächeEinschrumpfen** (*Menü Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > Getrimmte Fläche einschrumpfen*) auf beiden Flächen.



Durch Einschrumpfen kann die Kante einer Fläche, die durch die Teilung an einer Isokurve entstanden ist, in eine ungetrimmte Kante umgewandelt werden, da die Trimmung der natürlichen, ungetrimmten Flächenkante entspricht.

Durch die Trimmung mit einer im Loft verwendeten Kurve ist die Kurve eigentlich eine Isokurve.

Sie können die Option **Isokurve** auch beim Befehl **Teilen** verwenden, wenn das zu teilende Objekt eine einzelne Fläche ist.



7. **Verbergen** Sie die untere Fläche und deaktivieren Sie die Ebene **Kurve**.



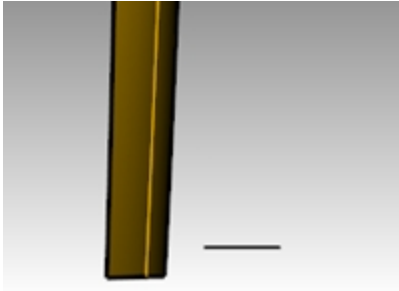
## Erstellung einer Referenzfläche

Wir werden nun die obere Fläche ändern und sie an eine neue Referenzfläche anpassen.

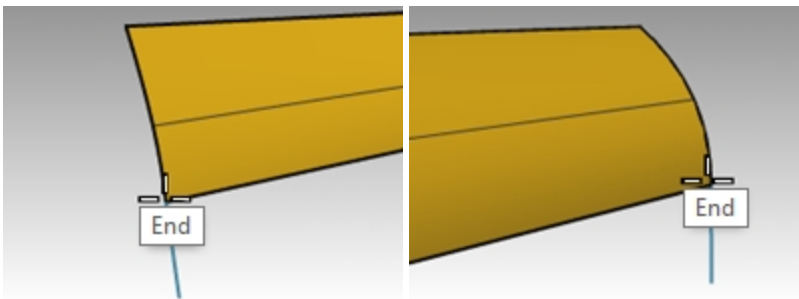
Die Referenzfläche wird aus einem oder mehreren Liniensegmenten entlang der unteren Kante der oberen Fläche erstellt, die in unterschiedlichen Winkeln dazu definiert sind.

Um eine nicht-tangentiale Linie zu erhalten, die aber in einem bestimmten Winkel zur Tangente liegt, verwenden Sie die Transformationswerkzeuge und platzieren Sie die Linientangente, um sie anschließend um den gewünschten Winkel zu drehen.

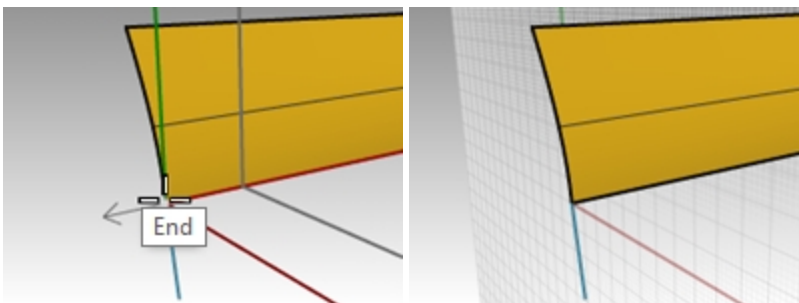
1. Legen Sie die Ebene **Referenzkurve** als aktuelle Ebene fest.
2. Zeichnen Sie im Ansichtsfenster **Drauf** eine **20** Einheiten lange Linie.



3. Starten Sie den Befehl **KurveAnKanteAusrichten** (Menü *Transformieren: Orientieren > Kurve an Kante*).
4. Wählen Sie als **Kurve zum Ausrichten** die erstellte Linie aus.
5. Wählen Sie als **Zielflächenkante** die untere Kante der Fläche aus.

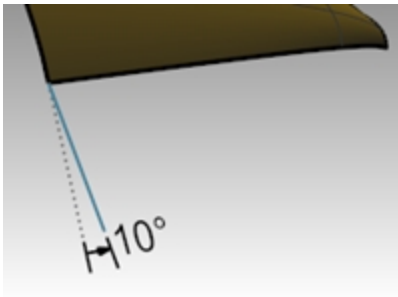


6. Wählen Sie bei Eingabe des **Punkts auf der Zielkante** die Befehlszeilenoption **Kopieren=Ja** und fangen Sie einen Endpunkt der Kante.
7. Fangen Sie als nächsten **Punkt auf der Zielkante** den anderen Endpunkt.
8. Drücken Sie die **Eingabetaste**.  
Das Resultat sollte wie in der oberen Abbildung aussehen.
9. Als nächstes setzen Sie eine Konstruktionsebene rechtwinklig zur unteren Kante der Fläche.  
Im Ansichtsfenster **Perspektive** klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die **Titelzeile des Ansichtsfensters** und wählen Sie aus dem Menü **KEbene definieren** und die Option **Rechtwinklig zu Kurve**. Fangen Sie den linken Endpunkt der unteren Kante als Ursprung der Konstruktionsebene.

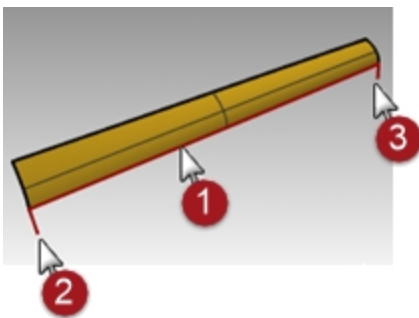


## Erstellung der Kantenlinie

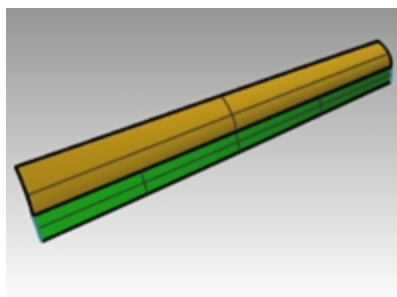
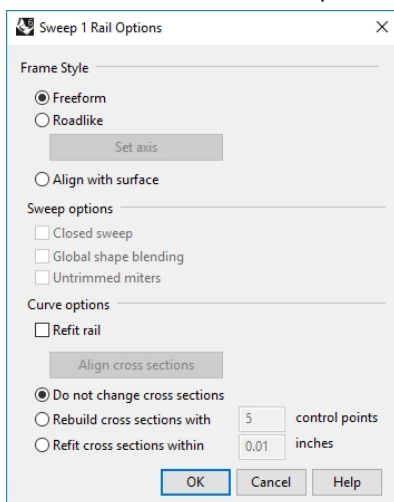
1. **Wählen** Sie das Liniensegment am linken Ende aus und führen Sie den Befehl **Drehen** aus.
2. Setzen Sie die Mitte der Drehung auf den Ursprung der neuen Konstruktionsebene.
3. Drehen Sie das Segment um 10 Grad.  
Das Resultat sollte wie in der Abbildung rechts aussehen.



4. Legen Sie die Ebene **Referenzfläche** als aktuelle Ebene fest.
5. Verwenden Sie den Befehl **Aufziehen1Leitkurve** (*Menü Fläche: Aufziehen an 1 Leitkurve*), um die Referenzfläche zu erzeugen.
6. **Wählen** Sie die untere Kante der oberen Fläche (1) als Leitkurve und die zwei Liniensegmente (2 und 3) als Querschnittskurven aus.  
Vergewissern Sie sich, dass Sie die Flächenkante und nicht die ursprüngliche Eingabekurve als Leitkurve zum Aufziehen der Fläche verwenden.

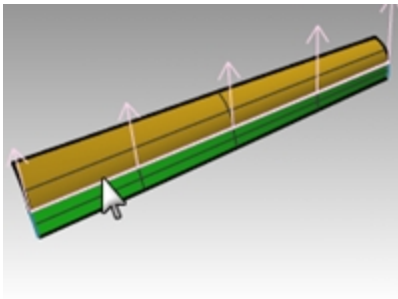


7. Wählen Sie im Dialogfenster **Option Aufziehen an 1 Leitkurve** als **Stil** die Option **Mit Fläche ausrichten** aus. Bei Aktivierung dieser Option leitet die Aufziehfläche ihren Winkel von den Schnittkurven in Relation zur Grundflächenkante ab. Eine tangential zur Grundfläche verlaufende Formkurve behält die Tangentialität entlang der gesamten Kante bei, wenn sie dabei nicht auf eine weitere Formkurve mit einem anderen Winkel trifft, an den sie sich in diesem Fall sanft anpasst.



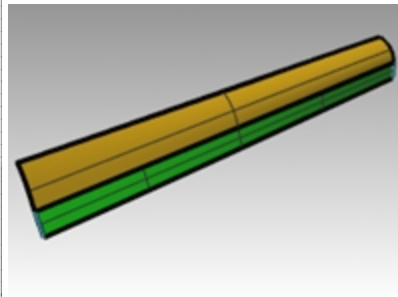
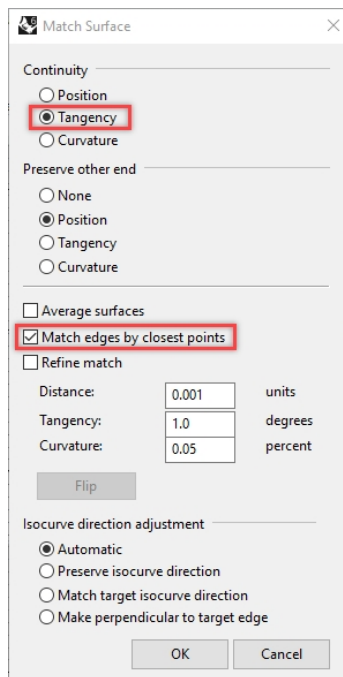
### Anpassung der Fläche an die Referenzfläche

1. Verwenden Sie den Befehl **FlächeAnpassen**, um die obere Fläche an die Referenzfläche anzupassen.
2. **Wählen** Sie die untere Kante der oberen Fläche aus.

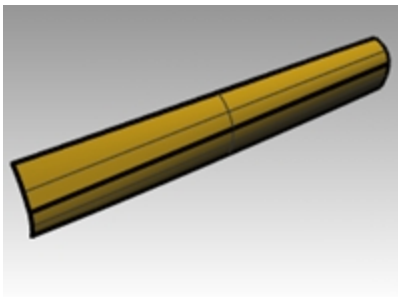


3. **Wählen** Sie die obere Kante der Referenzfläche aus.
4. Wählen Sie im Dialogfenster **Fläche anpassen** die Option **Tangentialität** aus und aktivieren Sie die Option **Kanten an nächstliegende Punkte anpassen**.

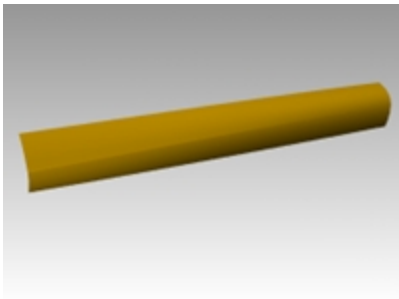
Auf diese Weise wird die Verzerrung auf ein Minimum reduziert.



5. **Zeigen** Sie die untere Fläche an und blenden Sie die Referenzfläche aus.



6. **Verbinden** Sie die untere Fläche mit der oberen Fläche.  
Da die Flächen ungetrimmt sind, haben Sie die Möglichkeit, die Flächen wieder zu einer einzigen Fläche zu vereinigen.  
Die Falte nimmt nun im Übergang von einem Ende des Flächenverbands zum anderen sanft ab. Wenn Sie die Winkel der Falte präziser steuern möchten, können weitere Segmente zur Erstellung der Referenzfläche platziert werden.



## Flächen mit einer Falte - Teil 2

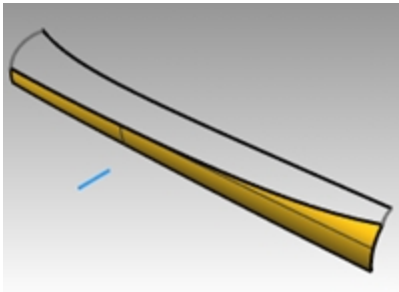
In dieser Übung gibt es keine passende Beziehung zwischen Faltenkurve und Fläche. Die Übung ähnelt dem anderen Beispiel, auch wenn hier die obere Fläche durch Aufziehen an zwei Leitkurven erzeugt wird.

### Übung 8-3 Flächen mit einer Falte (Teil 2)

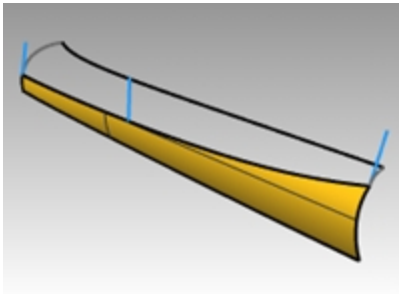
#### Erzeugung einer Falte mit getrimmten Flächen

1. **Öffnen** Sie das Modell **Falte 02.3dm**.
2. Verwenden Sie den Befehl **Linie** (*Menü Kurve: Linie > Linie*), um irgendwo in der Ansicht **Drauf** oder **Perspektive** eine einzelne Linie zu zeichnen.

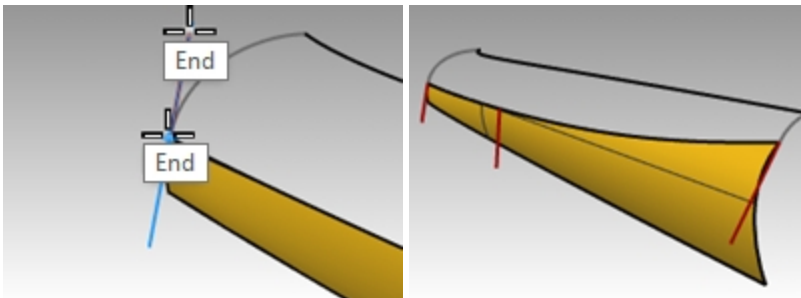
Wir werden diese Linie verwenden, um eine Referenzfläche herzustellen.



3. Verwenden Sie den Befehl **KurveAnKanteAusrichten** (*Menü Transformieren: Ausrichten > Kurve an Kante*), um die Kurve für die Referenzfläche an die obere Kante der unteren Fläche zu kopieren.
4. Platzieren Sie jeweils eine Linie an jedem Kantenende und eine weitere irgendwo in der Mitte der Kante.

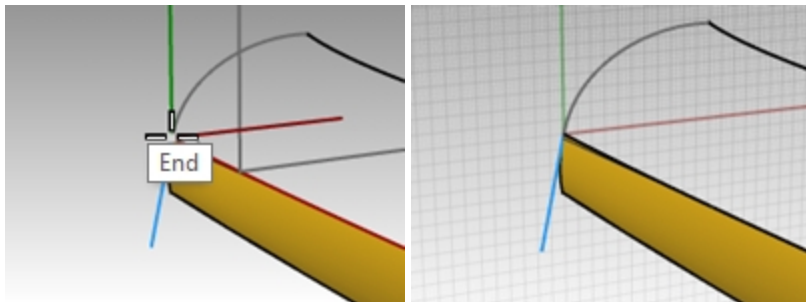


5. **Verschieben** Sie jedes Liniensegment, wobei das obere Ende zum unteren Ende des gleichen Segments verschoben wird.

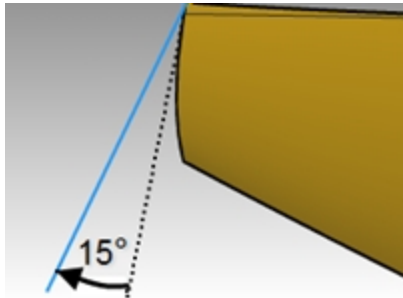


6. Verwenden Sie den Befehl **Konstruktionsebene** (*Menü Ansicht: KEbene definieren > Rechtwinklig zu Kurve*), um

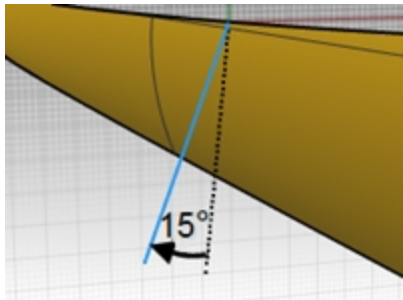
die Konstruktionsebene so einzustellen, dass sie an die Linie links der Fläche ausgerichtet wird.



7. Verwenden Sie den Befehl **Drehen** (*Menü Transformieren: Drehen*), um die Linie so um **15 Grad** zu drehen, wie es in der Abbildung rechts dargestellt ist.



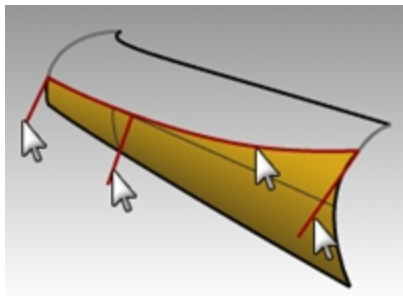
8. Wiederholen Sie diese Schritte für die Linie in der Mitte der Fläche.



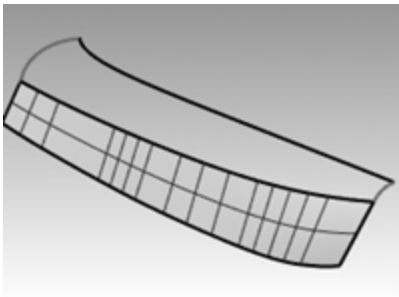
### Erzeugung der Referenzfläche

1. Verwenden Sie den Befehl **Aufziehen1Leitkurve**, um die Referenzfläche zu erzeugen.
2. **Wählen** Sie die obere Kante der unteren Fläche als Leitkurve und die drei Liniensegmente als Querschnittskurven aus.

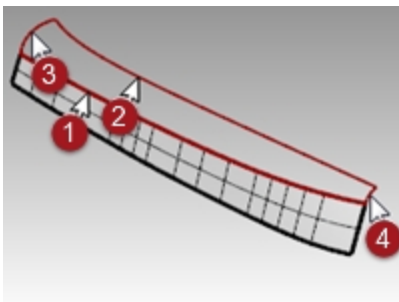
Verwenden Sie den Stil **Mit Fläche ausrichten** zum Aufziehen der Fläche.



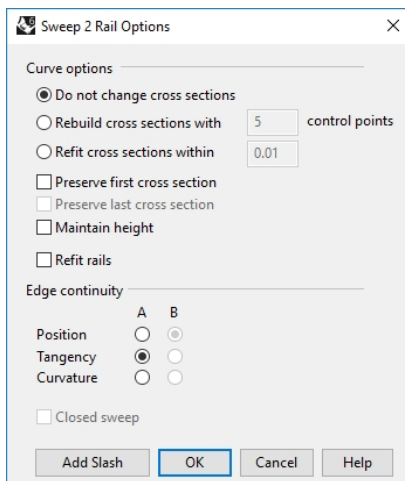
3. **Blenden** Sie die Originalfläche aus.



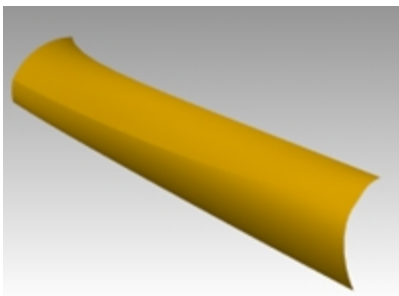
4. Verwenden Sie den Befehl **Aufziehen2Leitkurven**, um die obere Fläche zu erzeugen.  
**Wählen** Sie die obere Kante der Referenzfläche (1) als erste Leitkurve und die lange Kurve oben (2) als weitere Leitkurve.  
**Wählen** Sie die Kurven an beiden Enden als Querschnittskurven (3) und (4) aus.



5. Im Dialogfenster **Optionen Aufziehen 2 Leitkurven**, bei den **Optionen der Leitkurve der Kante A**, wählen Sie **Tangentialität** aus.



6. **Löschen** Sie die Referenzfläche.
7. Verwenden Sie die Befehle **Anzeigen** oder **Auswahl anzeigen** (*Menü Bearbeiten > Sichtbarkeit > Auswahl anzeigen*), um die untere Originalfläche anzuzeigen.
8. **Verbinden** Sie die untere Fläche mit der oberen Fläche.



## Glättung der Eingabekurve zur Steuerung der Flächenqualität

Kurven in Rhino können aus vielen Quellen stammen:

- Direkt in Rhino erstellt
- Aus digitalisierten Daten importiert
- Aus einem anderen Programm importiert
- Schnittkurven aus einem Polygonnetz

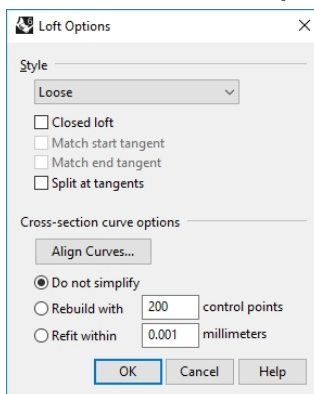
Aus Qualitätsgründen ist es wichtig, dass viele dieser Kurven optimiert werden.

Das Glätten (Verschleifen) ist eine Technik zur Vereinfachung von Kurven, wobei ihre Krümmungsanzeige verbessert und dabei die Form innerhalb der Toleranz gehalten wird. Es ist vor allem wichtig, Kurven zu glätten, die aus digitalisierten Daten, Schnitten, extrahierten Isokurven oder Kurven aus zwei Ansichten erzeugt werden.

Im Allgemeinen sind knotenfreie Kurven für diesen Prozess besser geeignet. Eine knotenfreie Kurve besitzt einen Kontrollpunkt mehr als ihr Grad anzeigt. Beispiele dafür sind eine Kurve 3. Grades mit 4 Kontrollpunkten, eine Kurve 5. Grades mit 6 Kontrollpunkten oder eine Kurve 7. Grades mit 8 Kontrollpunkten.

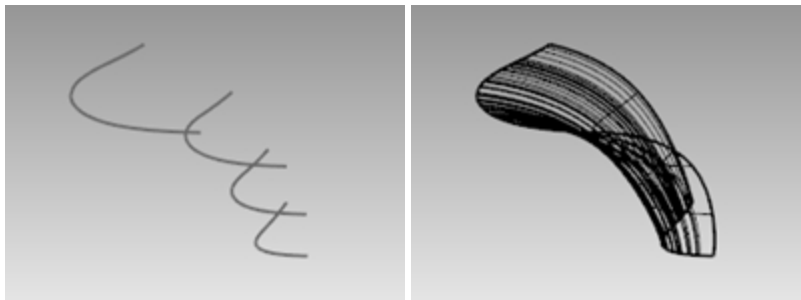
### Analyse einer gelofteten Fläche mithilfe der Krümmungsanalyse

1. **Öffnen** Sie das Modell **Kurven verschleifen.3dm**.
2. **Wählen** Sie die Kurven aus und erstellen Sie eine Fläche mit dem Befehl **Loft** (*Menü Fläche: Loft*), wobei Sie den **Stil** auf **Normal** und die **Optionen der Querschnittskurven** auf **Nicht vereinfachen** setzen.

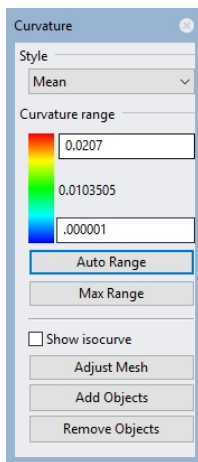


Diese Fläche ist sehr komplex. Sie verfügt über viel mehr Isokurven, als für die Form nötig wären, weil die Knotenstrukturen der Kurven sehr unterschiedlich sind.

Die Fläche hat außerdem eine zusammengesetzte Krümmung.



3. **Wählen** Sie die geloftete Fläche aus und starten Sie den Befehl **Krümmungsanalyse** (*Menü Analysieren > Fläche > Krümmungsanalyse*).

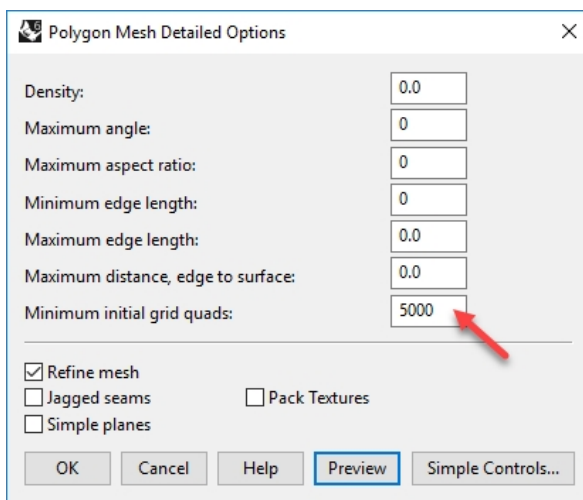
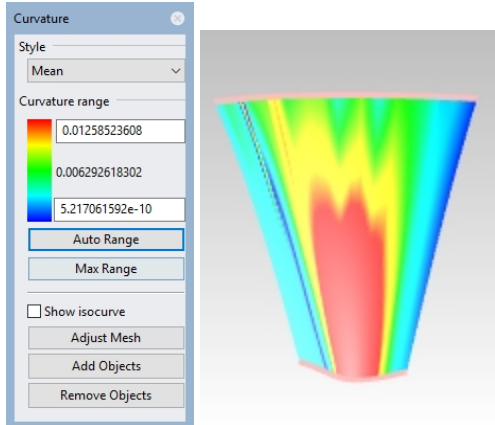


Dies erzeugt eine "Falschfarbenanzeige" mit der gleichen Polygonnetzanalyse wie mit dem Befehl **Lichtlinien**. Die Krümmung wird auf ein Farbenspektrum gemappt, so dass Sie Bereiche mit abrupt ändernder Krümmung oder flachen Bereichen analysieren können.

Wählen Sie die Option **Mittlere Krümmung** aus der Dropdown-Liste **Stil** aus.

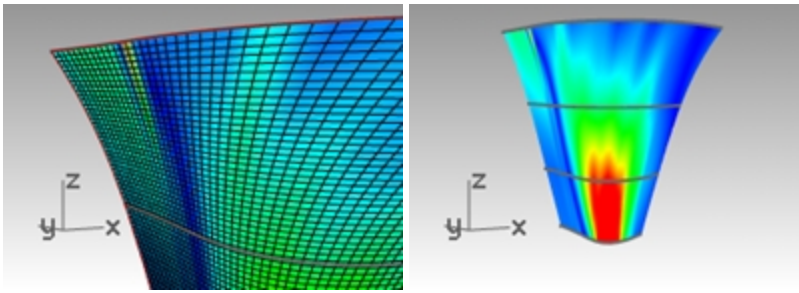
Dieser Stil ist hilfreich, um Unstetigkeiten wie flache Bereiche und Vertiefungen in der Krümmung anzuzeigen. Die mittlere Krümmung ist der zu einem Farbwert gemappte Wert zwischen den beiden Krümmungskreisen an jedem Punkt.

4. Klicken Sie auf die Schaltfläche **AutoIntervall**.
5. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Polygonnetz anpassen** und setzen Sie die **Minimalen Quadrate des anfänglichen Gitters** auf mindestens **5000** minimale Gitterquadrate, um eine glatte Anzeige des Farbbereichs zu gewährleisten.



Beachten Sie die streifigen und inkonsistenten Farben auf der Fläche. Dies weist auf abrupte Änderungen in der Fläche hin.

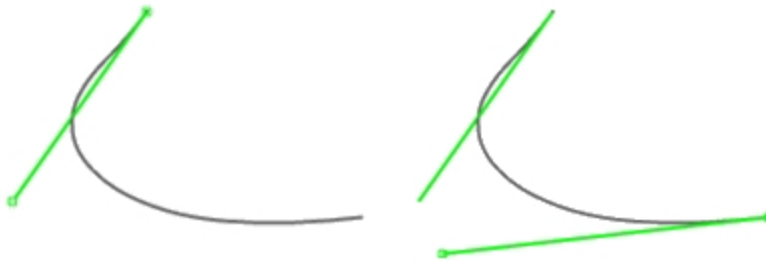




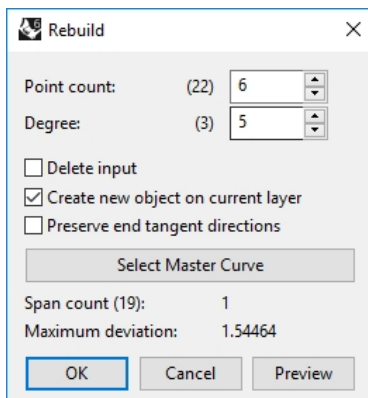
6. Machen Sie nun die geloftete Fläche **rückgängig** oder löschen Sie sie.

### Neuaufbauen der Kurven

1. Wechseln Sie auf die Ebene **Tangentialitätsrichtung**.
2. Verwenden Sie den Befehl **Linie** (*Menü Kurve: > Linie > Linie*) mit der Option **Verlängerung** um eine Linie zu erstellen, die die Tangentialitätsrichtung einer Originalkurve von den Endpunkten aus und zur Kurve zurückkehrend beibehält.  
Verlängern Sie die Linien so lange, bis sie sich kreuzen.

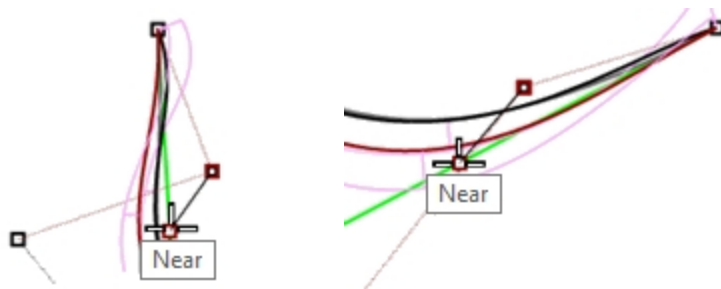


3. Wechseln Sie auf die Ebene **Neuaufgebaute Kurven** und **sperren** Sie die Ebene **Tangentialitätsrichtung**.
4. Verwenden Sie den Befehl **Neuaufbauen** (*Menü Bearbeiten: Neuaufbauen*), um die Kurve neu aufzubauen.
5. Der Befehl **Loft** verfügt zwar ebenfalls über eine Option **Neuaufbauen**, durch das Neuaufbauen der Kurven vor dem Loften erhalten Sie aber Kontrolle über den Kurvengrad und die Anzahl der Kontrollpunkte.
6. Ändern Sie im Dialogfenster **Kurve neu aufbauen** den **Grad** auf **5** und die **Punktzahl** auf **6**.
7. Löschen Sie die Option **Eingabe löschen** und markieren Sie die Option **Neues Objekt auf aktueller Ebene erzeugen**.
8. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Vorschau**. Achten Sie darauf, wie weit die Kurven von den Originalen abweichen.

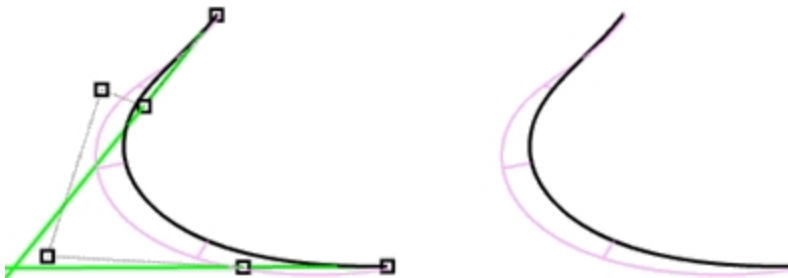


Die Kurven werden zu knotenfreien Kurven. Knotenfreie Kurven sind Bézier-Kurven. Eine knotenfreie Kurve ist eine Kurve, deren Anzahl der Kontrollpunkte gleich ihrem Grad + 1 ist. Dies ist zwar für hochwertige Flächen nicht unbedingt notwendig, führt aber stets zu vorhersehbaren Ergebnissen.

9. Sperren Sie die Ebene **Originalkurven**. So sind die Kurven zwar sichtbar, können aber nicht versehentlich ausgewählt werden.
10. **Wählen** Sie eine der neu aufgebauten Kurven aus und aktivieren Sie Kontrollpunkte und **Krümmungsanzeige**.
11. Verschleifen Sie die Kurve durch Anpassung von Punkten, bis sie nahezu mit der Originalkurve übereinstimmt.



12. Beginnen Sie dabei mit dem Verschieben des jeweils zweiten Punkts vom Ende auf die tangentielle Linie. Verwenden Sie den Objektfang **Nächst**, um ihn entlang der tangentialen Linie zu verschieben.
13. Überprüfen Sie mit der Krümmungsanzeige, ob die Kurve glatte Übergänge hat. Die Kurven sind glatt, wenn die Punkte so angepasst sind, dass die neu aufgebauten Kurven mit den gesperrten Originalkurven überwiegend übereinstimmen und die Krümmungsanzeige korrekt ist.
14. Verschleifen Sie die anderen Kurven auf dieselbe Weise.



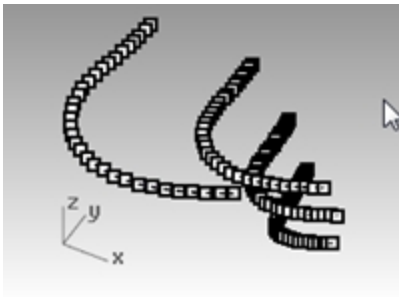
Beim Anpassen der Kurven ist Folgendes zu beachten:

- Wenn die tangentielle Richtung der Kurve mit derjenigen der Originalkurve übereinstimmen soll, muss der jeweils zweite Punkt jeder Kurve auf der grünen Tangentenrichtungsline liegen - bewegen Sie daher diese Punkte nur mit aktiviertem Objektfang **Nächst**.
- Der Befehl **ZugModus** mit der aktivierten Option **KontrollPolygon** beschränkt das Verschieben der Punkte auf den Kontrollpolygon der Kurve. Damit halten Sie die Tangentenrichtung der Kurve konstant.
- Achten Sie beim Glätten eines Kurvensatzes, aus dem eine Loftfläche erzeugt werden soll, darauf, dass die Anordnung der Kontrollpunkte auf den einzelnen Kurven ähnlich ist. Dadurch wird auch die Fläche selbst schöner angeordnet.
- Wenn die Anpassung der Kontrollpunkte bei sehr feinen Bewegungen etwas schwierig wird, können Sie es mit den **Verschiebungstasten** versuchen, um die Punkte in kleinen Intervallschritten anzupassen. Weitere Infos zur **Intervallanpassung** finden Sie in der **Hilfe**.

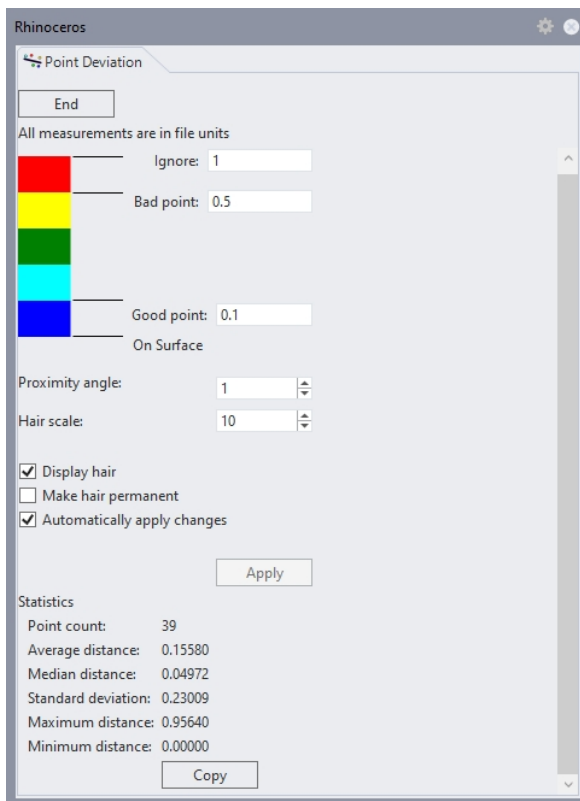
Sie können zur Bewegung der Punkte auch **Gumball** verwenden. Bei der Feineinstellung mit sehr kleinen Bewegungen können Sie die **GumballZugStärke** auf einen Wert unter 100 % setzen, wodurch größere Mausebewegungen notwendig werden, um kleinere Positionsänderungen an den Punkten durchzuführen.

#### Nutzung der PunktAbweichung zur Anzeige der Abweichung bei der Kurvenbearbeitung

1. Legen Sie eine neue Ebene namens **Punkte** an und wählen Sie sie als aktuelle Ebene aus.
2. **Wählen** Sie alle Originalkurven aus und führen Sie den Befehl **Unterteilen** (*Menü Kurve: Punktobjekt > Kurve unterteilen mit > Anzahl Segmente*) aus. Setzen Sie die **Anzahl der Segmente** auf **32** und **OutputGruppieren=Ja**.
3. **Heben Sie die Auswahl auf** und wählen Sie nur die gruppierten Punkte.
4. Starten Sie den Befehl **PunktAbweichung** (*Menü Analysieren: Fläche > Abweichung des Punktsatzes*) und wählen Sie bei Anzeige der Aufforderung **Kurven, Flächen, Flächenverbände oder Polygonnetze zum Testen auswählen** die annähernd glatten, neu aufgebauten Kurven aus und drücken Sie die **Eingabetaste**.



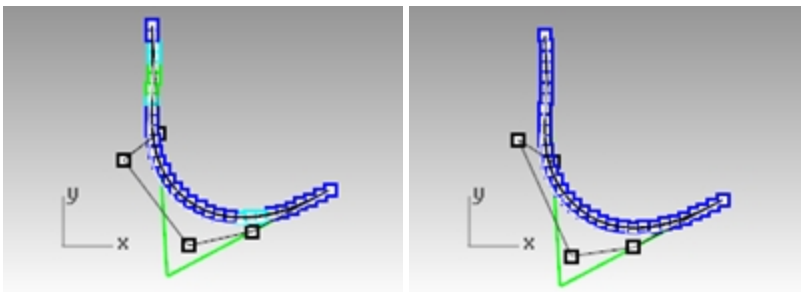
5. Setzen Sie im Dialogfenster **Punktabweichung** die folgenden Werte ein:  
 Guter Punkt = 0.1  
 Schlechter Punkt = 0.5  
 Ignorieren = 1.0



Daraufhin wird die Abweichung zwischen den Punkten auf den Originalkurven und der nächstliegenden Position auf den neu aufgebauten Kurven angezeigt.

6. **Sperren** Sie die Ebenen **Punkte** und **Originalkurven**.  
 7. Verändern Sie die neu aufgebauten Kurven weiterhin mit dem Ziel, dass alle Punkte blau - also als gute Punkte - erscheinen.

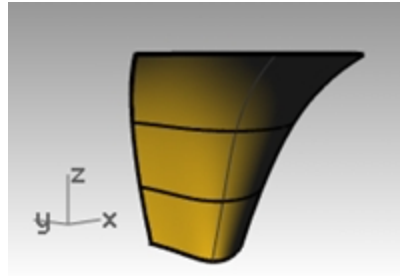
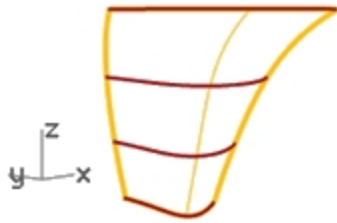
**Hinweis:** Wenn Sie das Dialogfenster schließen, wird die Anzeige verschwinden und Sie müssen den Befehl **PunktAbweichung** erneut ausführen.



## Erstellung einer Fläche mit verschleiften Kurven

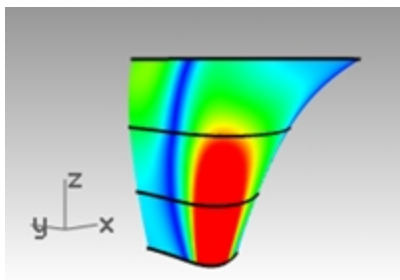
1. **Loften** Sie die neuen Kurven.

Die Form und Qualität der Fläche verfügt über sehr wenige Isokurven, wobei Sie der Form der ersten Fläche sehr ähnelt.



2. Analysieren Sie die Fläche mit der **Krümmungsanalyse**.

Beachten Sie die weichen Übergänge in der Falschfarbenanzeige, die auf weiche Krümmungsübergänge in der Fläche hinweisen.



# Kapitel 9 - Modellierung anhand von Referenzbildern

---

Der **Bild**-Befehl wird verwendet, um ein oder mehrere Referenzbilder in ein Rhino-Modell zu bringen.

- Ein 'Bild' ist eine planare Fläche, in dem das digitale Referenzbild dem Ebenenmaterial als Textur hinzugefügt wurde.
- Sie wählen das Referenzbild, welches im Bild angezeigt wird.
- Bilder können wie sonstige Rhino-Objekte verschoben, gedreht, skaliert und anderweitig manipuliert werden. Daher sind sie sehr zur Skalierung und Platzierung an jeder erforderlichen Stelle geeignet.

In dieser Übung werden wir zwei einfache Skizzen mit unterschiedlichen Ansichten des selben Objekts einbringen und die Ebenen so platzieren, dass ihre Positionen und Skalierungen eineinander wie auch der Skalierung des Objekts entsprechen. Nebenbei werden wir verschiedene Möglichkeiten erkunden, Bilder unter Verwendung von Ebenen und Materialien zu handhaben, und uns darüberhinaus auch einige Kurven- und Flächenwerkzeuge anschauen.

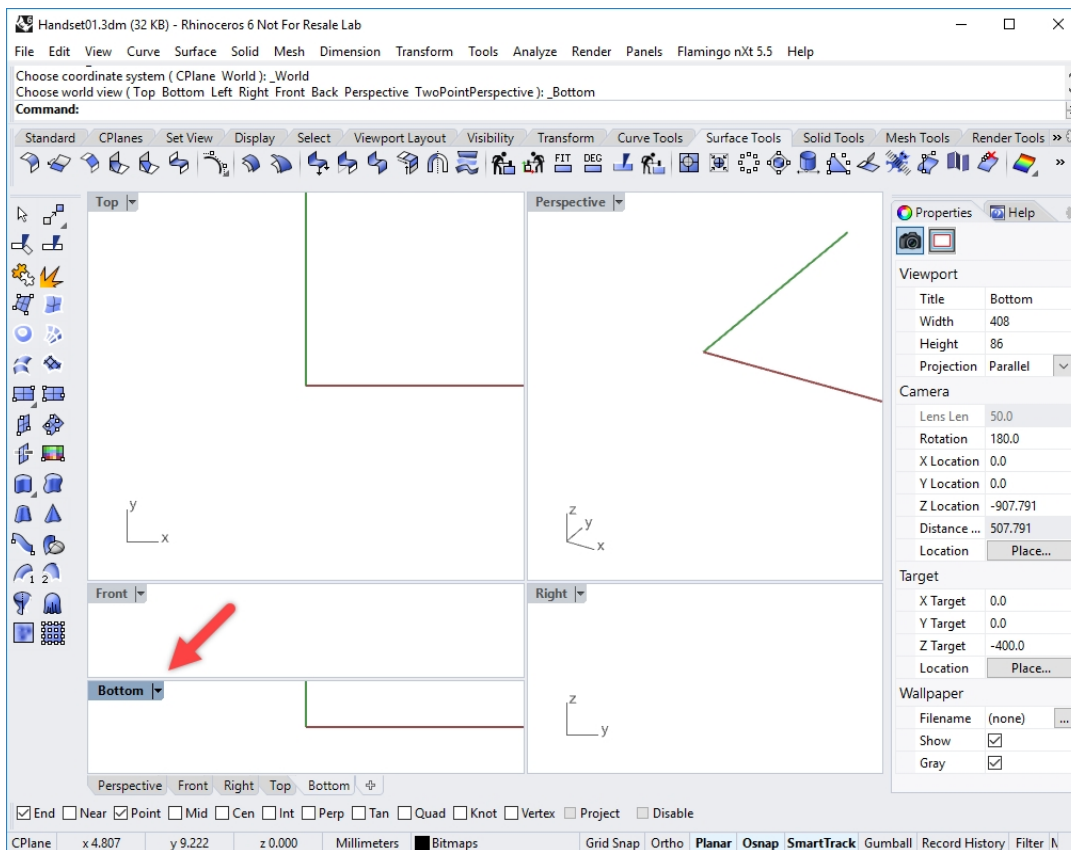
Öffnen Sie als erstes die Datei **Handapparat.3dm**. In dieser Datei sind noch keine Objekte vorhanden, nur einige zur besseren Organisation voreingestellte Ebenen. Eine der Ebenen ist für die Bilder - stellen Sie diese als aktuelle Ebene ein.

Den Beginn machen wir mit ein paar gescannten Entwürfen, die wir in drei verschiedenen Ansichtsfenstern platzieren. Die drei Bilder sollten in ihren entsprechenden Ansichtsfenster platziert und angemessen skaliert werden, damit sie miteinander übereinstimmen.

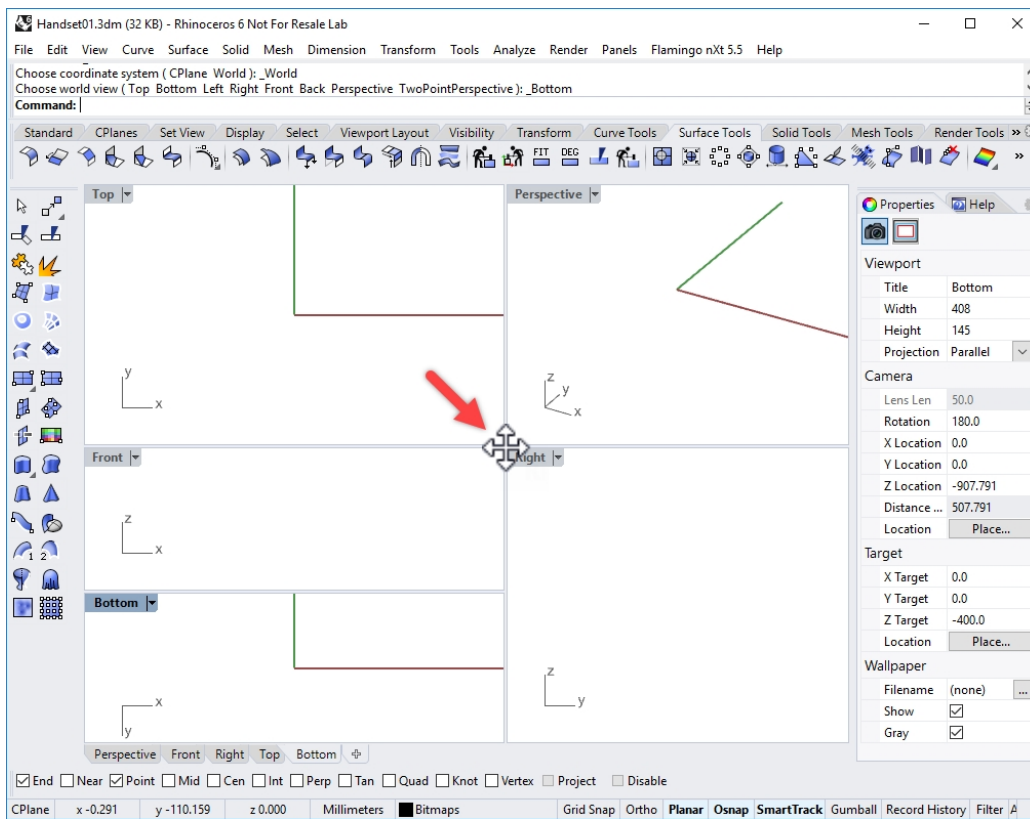
## Übung 9-1 Handapparat

### Öffnen und Vorbereiten des Modells

1. Öffnen Sie das Modell **Handapparat.3dm**.
2. Ziehen Sie die Mitte der Ansichtsfenster Drauf und Perspektive auf 2/3 der Größe des Grafikbereichs zu erweitern.



3. Aktivieren Sie das Ansichtsfenster **Front**.
4. Im Menü **Ansicht**, unter **Ansichtsfenstereinstellung**, klicken Sie auf **Horizontal teilen**.  
So wird ein zweites Ansichtsfenster **Front** erzeugt.
5. Heben Sie das untere Ansichtsfenster **Front** hervor. Im Menü **Ansicht**, unter **Ansicht definieren**, klicken Sie auf **Drunter**.
6. Falls nötig, richten Sie die Ansichten neu aus.



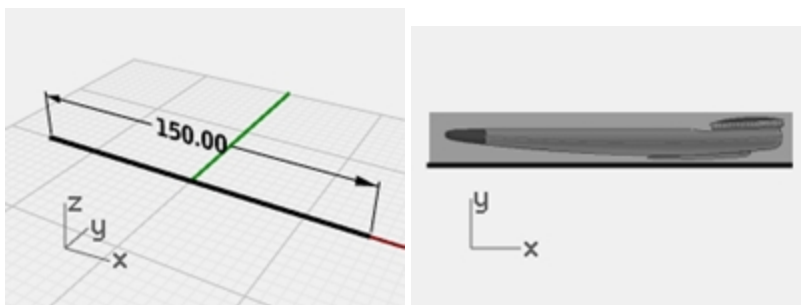
7. Aktivieren Sie in den **Rhino-Optionen** im Abschnitt **Ansicht** im Bereich **Ansichtsfistereigenschaften** die Option **Verknüpfte Ansichtsfenster**.

Dadurch bleiben die Ansichtsfenster auch beim Zoomen und Schwenken gleich angeordnet.

### Platzieren Sie Bilder zum Nachziehen

Wir beginnen mit der Erzeugung einer Referenzgeometrie, mit deren Hilfe Sie die Bitmaps präziser platzieren können.

1. Zeichnen Sie dazu eine horizontale **Linie**, die sich auf beiden Seiten des Ursprungs im Ansichtsfenster **Drauf** aus erstreckt und insgesamt **150 mm** lang ist.
2. Deaktivieren Sie in den Ansichtsfenstern, in denen Sie die Bitmaps platzieren, das Raster durch Drücken von **F7**.
3. So ist die Bitmap einfacher zu sehen.



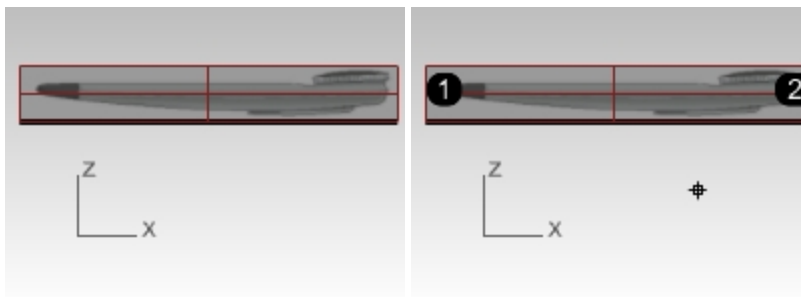
4. Klicken Sie im Ansichtsfenster **Front** im Menü **Fläche** auf **Ebene**, dann auf **Bild**.
5. Wählen Sie im Dialogfeld **Bitmap öffnen** die Datei **HandsetElevation.bmp** aus.
6. Wählen Sie im Ansichtsfenster **Front** unter Verwendung des Ofangs End zuerst das linke und dann das rechte Ende der Referenzlinie.
7. Heben Sie das Bild im Ansichtsfenster **Front** hervor. Doppelklicken Sie auf die Titelzeile des Ansichtsfensters, um die Ansicht zu maximieren.

### Skalieren und platzieren Sie das Bild

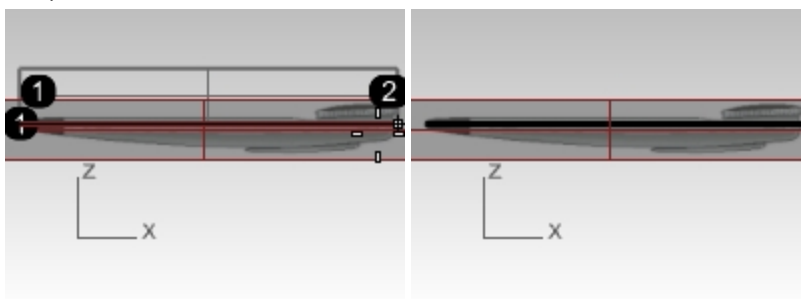
Die Bitmap wurde platziert, aber die Skalierung ist nicht korrekt. Sie werden das Referenzbild orientieren und gleichzeitig skalieren.

1. Klicken Sie im Menü **Transformieren** auf **Orientieren**, dann auf **2 Punkte**.

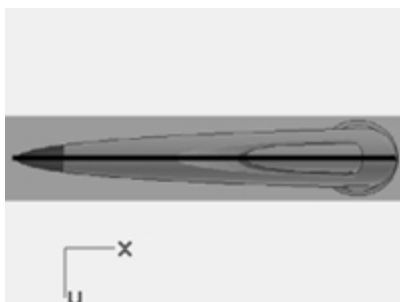
2. Stellen Sie in der Befehlszeile für **Orientieren** die Optionen **Kopieren=Nein** und **Skalieren=3D** ein.
3. Klicken Sie bei der Eingabeaufforderung **Referenzpunkt 1** auf das linke Ende des Referenzbilds, aber nicht auf das Ende der Bildfläche. (Drücken Sie die **Alt**-Taste, um die Ofänge zeitweilig zu deaktivieren.)
4. Klicken Sie bei der Eingabeaufforderung **Referenzpunkt 2** auf das rechte Ende des Referenzbilds, aber nicht auf das Ende der Bildfläche. (Drücken Sie die **Alt**-Taste, um die Ofänge zeitweilig zu deaktivieren.)



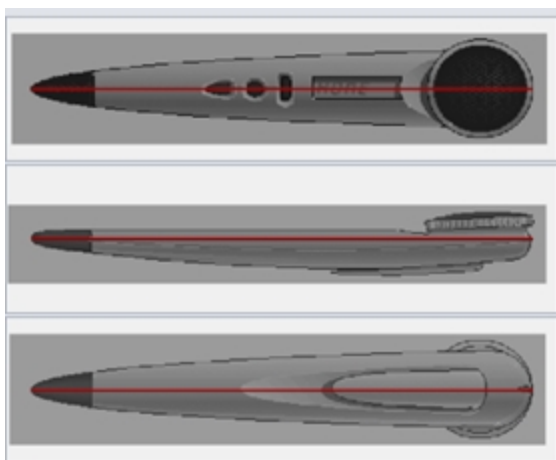
5. Fangen Sie bei **Zielpunkt 1** und **Zielpunkt 2** die Endpunkte der 150-mm-Linie, welche den Referenzpunkten entsprechen.



6. Wechseln Sie auf das Ansichtsfenster **Drunter**.
7. Verwenden Sie die gleiche Technik, um das Bild **HandsetBottom.bmp** in **diesem Ansichtsfenster** zu platzieren und auszurichten.

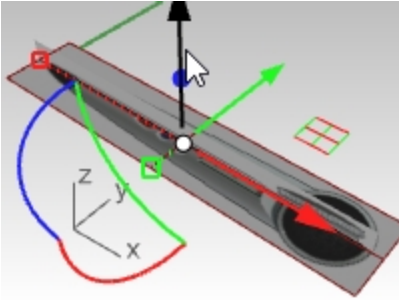


8. Wiederholen Sie diese Schritte für die Platzierung und Orientierung von **HandsetTop.bmp** im Ansichtsfenster **Drauf**.

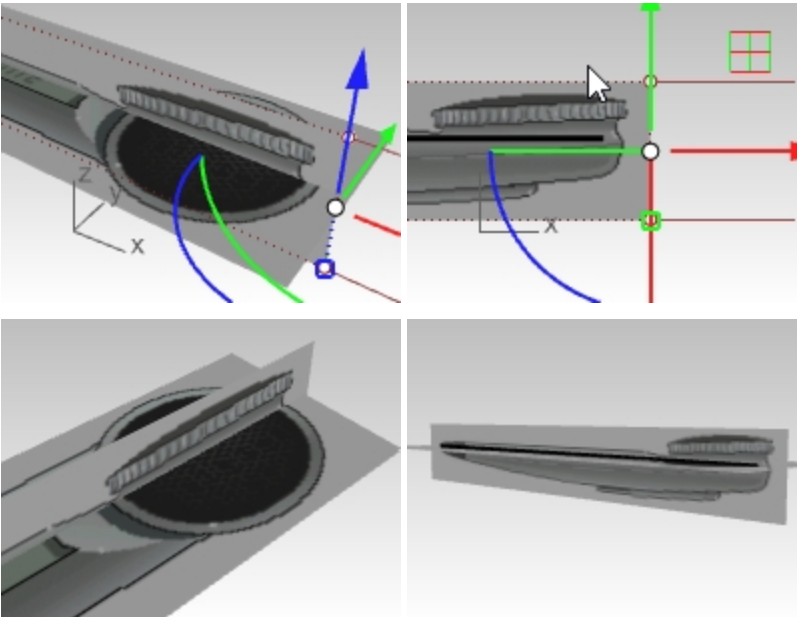




9. Verschieben Sie unter Verwendung des Gumball das Bildobjekt in Drauf ein wenig in die Z-Richtung (blauer Pfeil), bis die Draufsicht des Referenzbilds zu sehen ist.



10. Verwenden Sie die Kontrollpunkte am Rand des Bildobjekts zur Anpassung der Größe, bis alle 3 Referenzbilder im Ansichtsfenster **Perspektive** Ihren Wünschen entsprechend ausgerichtet sind.



### Handhabung der Referenzbilder

Sobald die Referenzbilder platziert und skaliert sind, können Sie sie als Vorgabe zum Zeichnen von Kurven verwenden. Wenn Sie die Objekte gelegentlich ausblenden, sollten Sie sie auch sperren, um sie nicht versehentlich zu verschieben. Um die Objekte unauswählbar zu machen, können Sie die Ebene sperren.

Vielleicht möchten Sie auch die Bilder transparent machen, damit sie keine Objekte im 3D-Raum verdecken können.

Kurz gesagt, Sie könnten Bedarf an den entsprechenden Werkzeugen haben - was in komplexeren Modellen mit mehreren Bildobjekten umso bedeutender ist.

### Ebenen

Wir haben die Referenzbildebene auf deren eigenen Ebene namens **Bitmaps** abgelegt. Diese Ebene kann aktiviert und deaktiviert werden, um die darauf befindlichen Objekte anzuzeigen bzw. um sie auszublenden. Die Ebene kann auch gesperrt werden, um die Objekte gegen Auswahl zu schützen.

### Fangen des Bilds

Ein weiterer Schritt kann das Modellieren etwas erleichtern. Sie werden wahrscheinlich vermeiden wollen, dass Objektfänge die Bildobjekte fangen. Vorausgesetzt die Ebene ist gesperrt, ist dies unter Verwendung des Befehls **GesperrteObjekteFangen** steuerbar.

Durch Deaktivieren dieses Befehls und Sperren der die Bilder enthaltenden Ebenen wird das Fangen der Bildobjekte unterbunden. Dieser Befehl enthält auch eine Option zum **Umschalten** und ist verschachtelbar - sie können ihn jederzeit dazu verwenden, das Fangen von gesperrten Objekten einzustellen, sogar innerhalb eines anderen Befehls.

Das Aufrufen dieses Befehls kann durch Zuweisung des folgenden Makros zu einer Tastaturkürzel in Optionen vereinfacht werden.

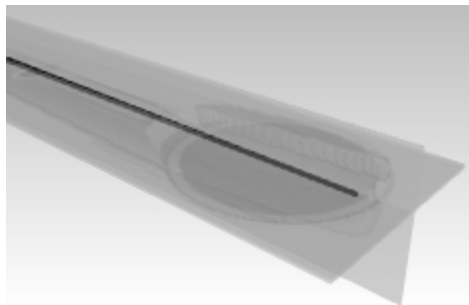
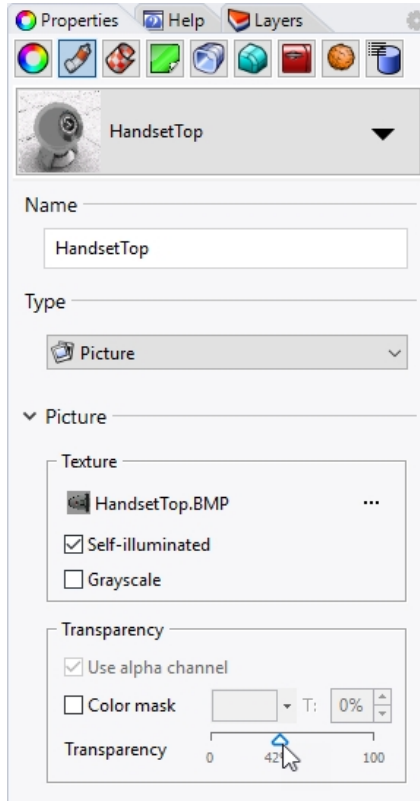
```
'_Snaptolocked _toggle
```

## Transparenz

Wenn die Farben zu sehr gesättigt sind, oder wenn Sie die Referenzbilder abblenden oder soweit transparent machen wollen, dass andere Geometrie sichtbar wird, können Sie sie halbtransparent machen.

Heben Sie hierfür das Bild hervor.

Ziehen Sie auf der Materialseite des **Eigenschaften**-Panels im Bereich Transparenz den Schieberegler auf 60-70 Prozent oder einen für Ihr System geeigneten Wert. Stellen Sie die Transparenz so ein, dass das Referenzbild gerade scharf genug zum Nachziehen der Umrisse ist, dabei aber nicht die gesamte Szene verdeckt.



## Zeichnen der Kurven mit Kurvelnterpolieren

Behalten Sie während des Trainings die vorausgegangenen Bemerkungen zu Ebenensichtbarkeit, Sperren und ähnlich zu verwendenden Werkzeugen sowie unvorhergesehenen Änderungen im Sinn. Als nächstes beginnen Sie mit dem Zeichnen der Kurven

Sie werden Kurven erzeugen und so die Grundform des Gehäuses definieren, aber keine Details oder sonstigen Eigenschaften. Als zusätzliche Übung können Sie das Modell mit mehr Details als in diesem Text beschrieben sind beenden.

Es gibt zwei Befehle, die als naheliegende Optionen zur Kurvenerzeugung dienen.

Der erste dieser Befehle heißt **Kurvelnterpolieren**, und der zweite heißt schlicht **Kurve**.

Zum Nachziehen ist der Befehl **Kurvelnterpolieren** am naheliegendsten, weil damit exakt entlang der Bildpixel ausgewählt werden kann, wo die Kurve verlaufen soll. Es handelt sich dabei jedoch nicht immer um das beste Werkzeug.

## Zeichnen der Kurven mit Kurve

Eine weitere Möglichkeit zum Zeichnen dieser Kurven bietet der Befehl **Kurve**, auch Kurve aus Kontrollpunkten genannt.

1. Platzieren Sie die Kurvenkontrollpunkte ungefähr da wo sie hingehören, um die Form zu definieren, und verwenden Sie eine annähernd korrekte Anzahl von Kontrollpunkten.
2. Als nächstes bearbeiten Sie die Kurve, um die Form weiter auszudefinieren.
3. Um die Form zu verfeinern, fügen Sie je nach Bedarf Kontrollpunkte hinzu oder entfernen Sie sie.

Durch diese Methode zur Kurvenerzeugung kann das Referenzbild mit weniger Kontrollpunkten und saubereren Kurven akkurat nachgebildet werden.

Der Autorisierte Rhino-Trainer Gary Dawson, von Gary Dawson Designs, erläutert dieses Konzept in diesem Video: [Best Method for Tracing Curves](#).

Als nächstes werden Sie vier Kurven zeichnen, um die benötigte Form zu definieren:

- eine in der **Druntersicht**, zur Darstellung einer Hälfte der Form in dieser Ansicht
- drei im Ansichtsfenster **Front**: obere Kante oder Umriss, die untere Kante und die Kurve in der Mitte, welche die Trennlinie markiert.

Das hilfreichste Werkzeug zum Nachziehen von Freiformkurven ist eine Kontrollpunktkurve oder der Befehl **Kurve**. Hier sind einige Hinweise für den nächsten Teil der Übung.

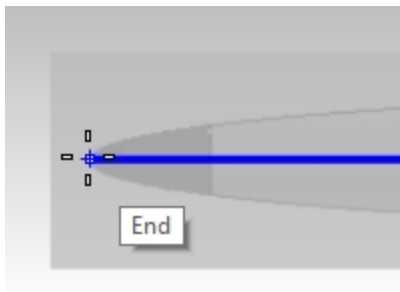
- Erstellen Sie eine möglichst genaue Kurve mit so wenigen Punkten wie nötig.
- Sie müssen dabei nicht bei jedem Punkt 100 % korrekt sein.
- Mit etwas Erfahrung bekommen Sie ein Gefühl dafür, wie viele Punkte Sie an welchen Stellen platzieren müssen.
- Verwenden Sie dann die Kontrollpunktbearbeitung, um die Kurve in ihrer endgültigen Form zu erhalten.

Im vorliegenden Beispiel etwa sind Kurven 3. Grades mit fünf oder maximal 6 Kontrollpunkten ausreichend, um die vorgegebenen Kurven präzise nachzeichnen zu können.

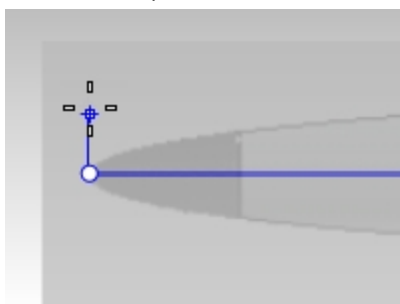
Achten Sie dabei stets auf die Platzierung der zweiten Punkte der Kurven, um die Tangentialität über das Ende des Objekts hinaus zu wahren.

### Zeichnen der Kurve der Druntersicht

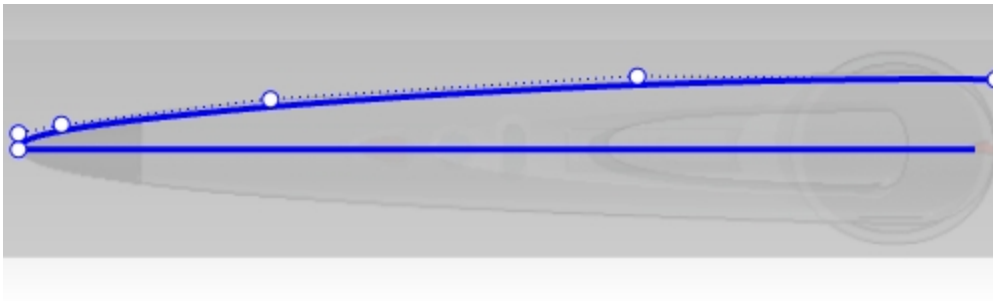
1. Klicken Sie im Menü **Kurve**, unter Freiform, auf **Kontrollpunkte**.
2. Definieren Sie im Ansichtsfenster **Drunter** den Kurvenstart, indem Sie das Ende der Referenzlinie fangen. Alle Kurven werden durch Fangen ebendieses Kurvenendpunkts starten.



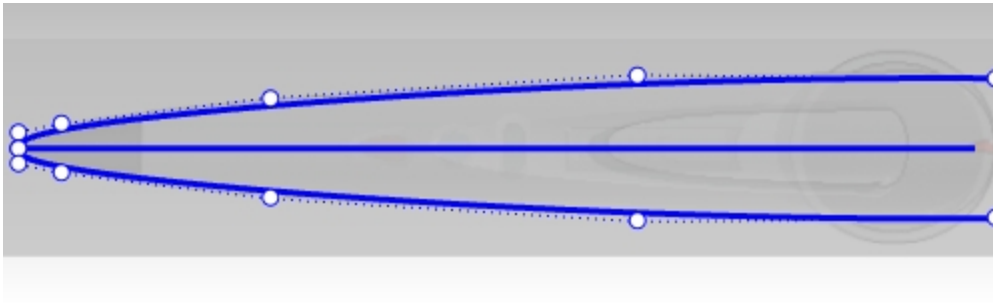
3. Klicken Sie auf den zweiten Punkt direkt über dem Endpunkt in der KEbenen-Y-Richtung unter Verwendung von Ortho oder SmartTrack. Damit wird sichergestellt, dass eine gespiegelte Kopie dieser Kurve eine gute Stetigkeit über dem Endpunkt hat.



4. Platzieren Sie vier weitere Punkte - insgesamt sechs darf als viel gelten, fünf sollten genügen. Überschreiten Sie das offene Ende der Form - in Kürze werden wir es ohnehin wieder wegtrimmen.
5. Passen Sie die Punkte so an, dass die Kurve das Referenzbild möglichst genau nachbildet - beachten Sie, dass die einfache Form mit so wenigen Punkten sehr leicht übereinstimmt. Gumball ist ein hervorragendes Werkzeug für diese Anpassungen.



6. Verwenden Sie den Befehl **Spiegeln**, um die Kurve über die Referenzlinie zu kopieren.

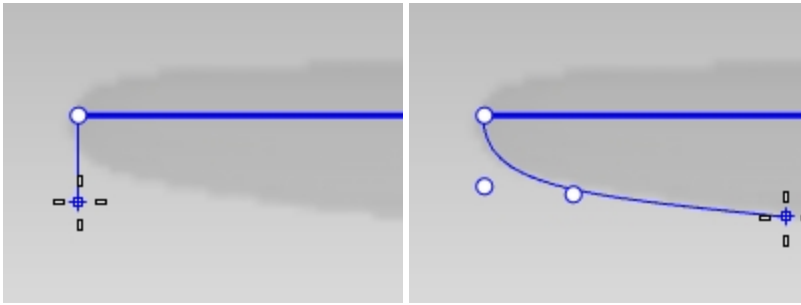


**Tipps zum Nachziehen von Referenzbildern:**

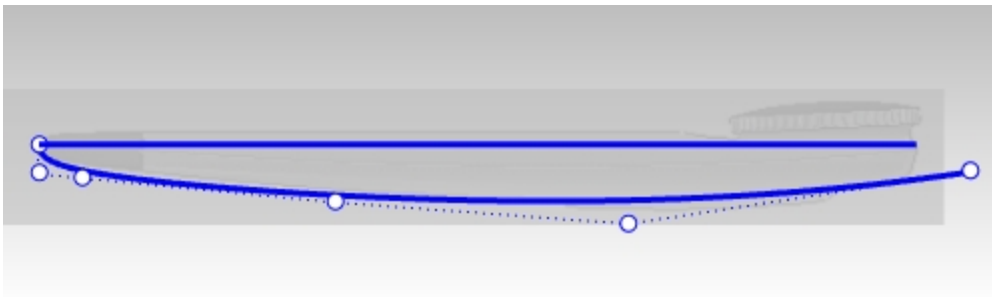
- Bereiche mit mehr Krümmungsänderung haben im Allgemeinen in kleineren Abständen gelegene Punkte.
- Vergewissern Sie sich dass alle Anpassungen an den zweiten Punkt von der Spitze der Form aus auf die Y-Achsen-Richtung beschränkt sind.
- Damit wird sichergestellt, dass die tangentielle Richtung der Kurve auf die Y-Achse ausgerichtet bleibt.

## Zeichnen der Kurven der Frontansicht

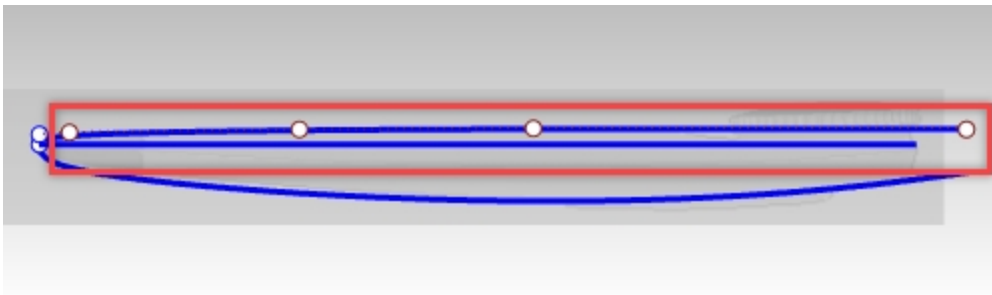
1. Setzen Sie den zweiten Punkt direkt unter das Ende, erneut indem Sie Ortho- verwenden; damit wird die tangentielle Richtung parallel zur KEbenen-Y-Achse eingestellt.



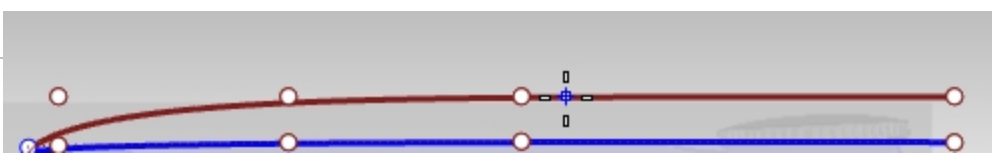
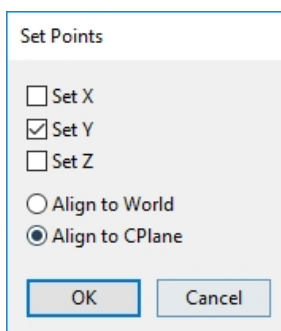
2. Platzieren Sie die restlichen Punkte. Machen Sie sich keine Sorgen darüber, wie weit unten der Punkt zu liegen kommt. Später wird eine Anpassung vorgenommen.



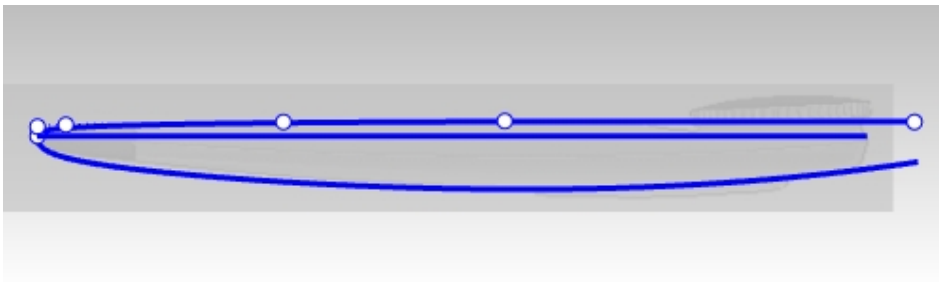
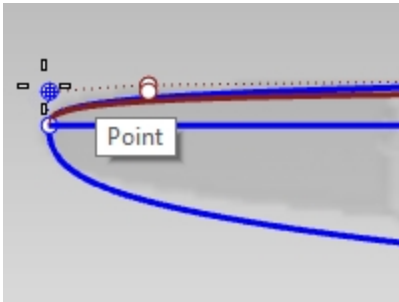
3. Die obere Kante - hier handelt es sich um fast genau den gleichen Prozess wie bei der vorherigen Kurve.
4. Um sicherzustellen, dass die Punkte entlang des geraden Teils des Umrisses horizontal aufgereiht sind, verwenden Sie nach Erzeugung der Kurve den Befehl **PunktDefinieren**.  
Nehmen Sie eine Fensterauswahl der Punkte auf der Spitze der Kurve vor, aber vermeiden Sie dabei die ersten beiden Punkte auf der Kurve.



5. Klicken Sie im Menü **Transformieren** auf **XYZ-Koordinaten definieren**.
6. Klicken Sie auf **Y definieren** für die KEbenen-Y-Koordinaten bei ausschließlicher Verwendung der Option **An Konstruktionsebene ausrichten**. Klicken Sie auf die Schaltfläche **OK**.



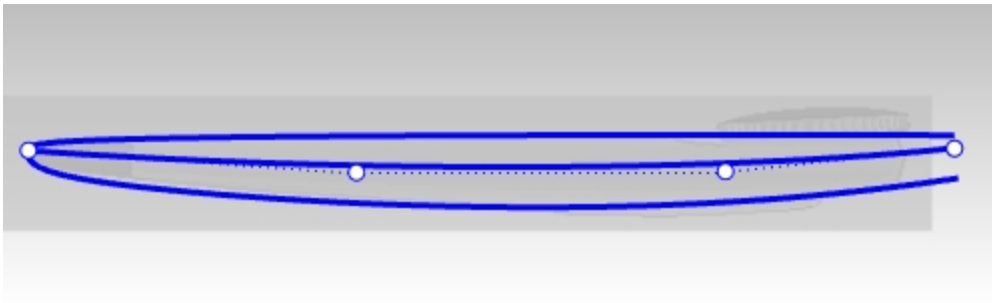
- Bei der Eingabeaufforderung Standort der Punkte wählen Sie den zweiten Punkt auf der Kurve aus.



Die Punkte entlang des geraden Teils des Umrisses sind tatsächlich horizontal aufgereiht.

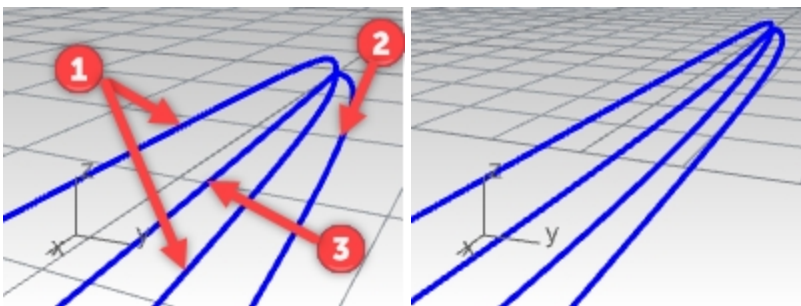
### die Trennlinienkurve

- Zeichnen Sie eine weitere Kontrollpunktkurve entlang der schwachen Trennlinie im Referenzbild, zwischen der oberen und der unteren Kurve. Diese benötigt nur vier Punkte.



**Option:** Zeichnen Sie eine Linienkurve durch Auswahl von zwei Punkten. Verwenden Sie den Befehl **Neuaufbauen** um die Kurve als *Grad 3-Kurve* mit vier *Kontrollpunkten* neu aufzubauen. Bearbeiten Sie sie gemäß der Anforderung mithilfe von Kontrollpunkten, um sie an die Trennlinie anzupassen.

- Damit sollten Sie nun vier Kurven erhalten. Deaktivieren Sie die Referenzebenen, um die Referenzbilder auszublenden und so die Kurven klar sehen zu können. (1) Kurven in der **Frontansicht**, (2) Kurve in der **Druntersicht**, (3) Trennlinienkurve in der **Frontansicht**

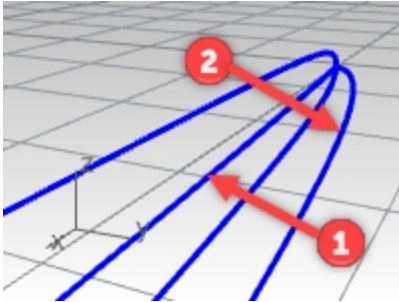


- 

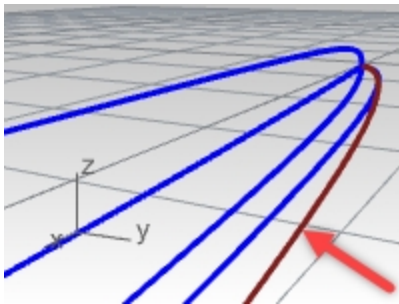
### Erzeugen Sie eine 3D-Kurve aus 2D-Kurven

Alle diese Kurven sind planar und zwei von ihnen repräsentieren tatsächlich 2D-Ansichten derselben 3D-Kurve. Die Kurve, die Sie in der **Druntersicht** gezeichnet haben, ist eine Spur der des gleichen Teil des Objekts wie die Trennlinienkurve, die wir in der Höhenansicht gezeichnet haben. Sie müssen die Kurven erstellen, welche die Situierung der Kurven im 3D-Raum wiedergeben.

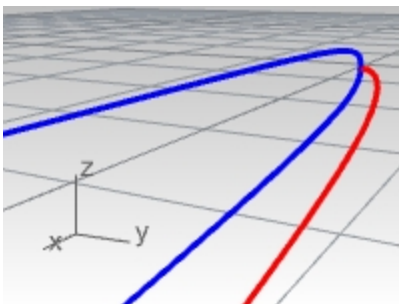
1. Wählen Sie im Ansichtsfenster **Perspektive** die Trennlinienkurve (1) und die äußere Kurve im Ansichtsfenster **Drunter** (2) aus.



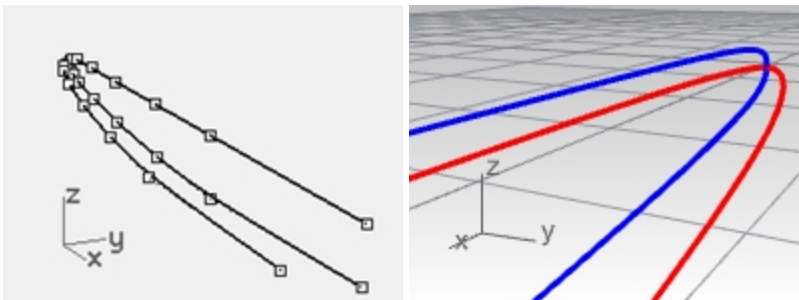
2. Verwenden Sie den Befehl **Kurve2Ansichten** (*Menü Kurve: Kurve aus zwei Ansichten*), um eine Kurve aus den beiden ausgewählten Kurven zu erzeugen. Dabei wird eine 3D-Kurve erzeugt.



3. **Sperren** oder **blenden** Sie die beiden Originalkurven aus. Nun sind drei Kurven vorhanden.



4. **Spiegeln** Sie die 3D-Kurve auf die andere Seite. Die Makros **!\_Mirror 0 1,0,0** und **!\_Mirror 0 0,1,0** sind zur schnellen Verwirklichung hilfreich, wenn sie einem Befehlsverweis zugeordnet werden und die Geometrie über der X- oder Y-Achse symmetrisch ist.

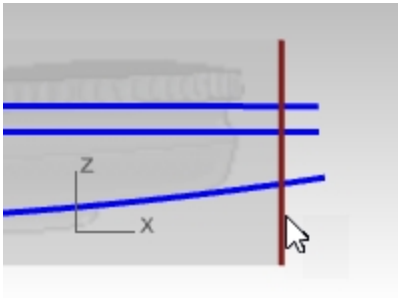


### Trimmen der Kurven

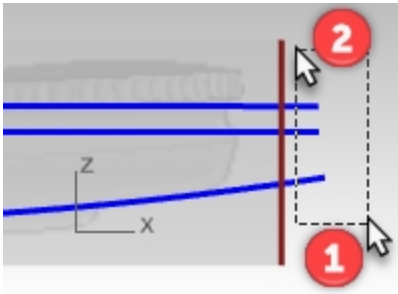
Bevor Sie die Fläche aus den Kurven erstellen, trimmen Sie diese Kurven im Ansichtsfenster **Front**. Sie wurden mit willkürlicher Länge erzeugt. Damit werden eine geeignete Länge und Form erzielt. Eine saubere Fläche ist viel leichter zu erstellen, wenn sie alle auf die gleiche Linie zugeschnitten sind.

1. **Aktivieren** Sie die Ebene **Bitmap**. Die Referenzbilder müssen sichtbar, aber die Ebenen sollten gesperrt sein.
2. Im Ansichtsfenster **Front** starten Sie den Befehl **Trimmen** und wählen Sie die Option **Linie** aus. Definieren Sie die Linie vertikal zwischen den Enden der kürzesten Kurve und dem Ende des Objekts im Referenzbild. Dann die

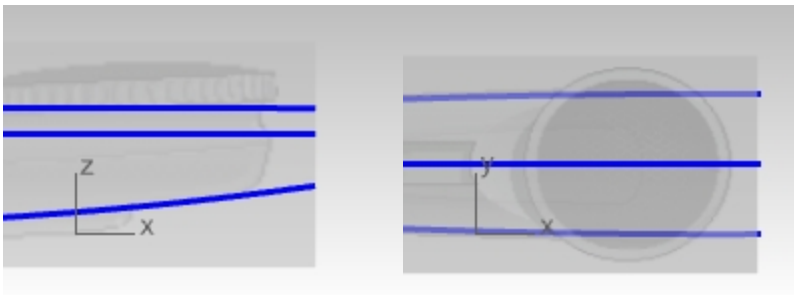
Eingabetaste.



3. Im Ansichtsfenster **Front** erstellen Sie von rechts nach links ein Auswahlfenster durch 'Kreuzen' auf den Kurvenenden.



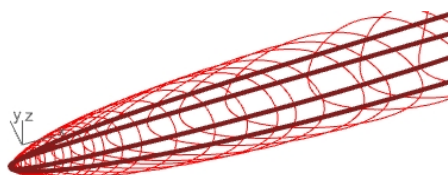
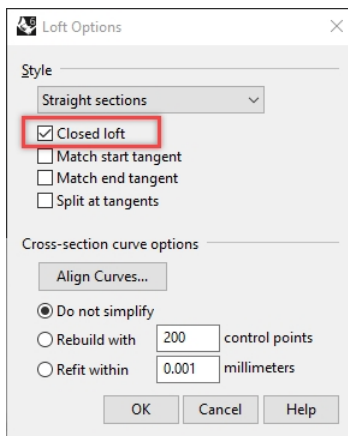
Wenn die Enden der Kurven in der Mitte nicht weggetrimmt sind, versichern Sie sich dass die Befehlszeilenoption in **Trimmen** für **ScheinbareSchnittpunkte** auf **Ja**eingestellt ist und wählen diese Kurvenenden dann erneut aus.



## Erzeugen der Fläche

Es gibt oft mehr als ein anwendbares Werkzeug zur Flächenerzeugung - Sie werden zwei Flächenoptionen sehen und sich für diejenige entscheiden, die am besten funktioniert.

1. Starten Sie den Befehl **Loft** und wählen dann die Kurven der Reihe nach aus. Achten Sie darauf, dass der Loftdialog auf die Erzeugung eines geschlossenen Lofts eingestellt ist.

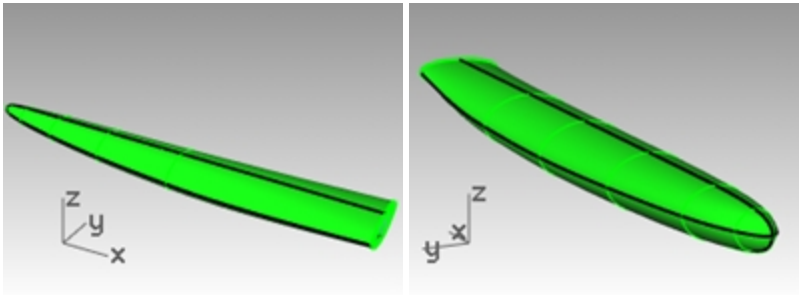


Wenn im Dialog auch **'Nicht vereinfachen'** ausgewählt ist, wird die Vorschau der gelofteten Fläche schlecht



geschrägte Isokurven anzeigen. Dies ergibt sich daraus, dass die Kurven in der Struktur sehr unterschiedlich sind. Insbesondere die durch **Kurve2Ansichten** erhaltenen 3D-Kurven sind weitaus komplexer als die ursprünglich gezeichneten Kurven, und diese kombinieren nicht gut mit den anderen Kurven im Loft.

2. **Loften** Sie die geglätteten Kurven unter Aktivierung der Option **Geschlossenes Loft**. Beachten Sie die hohe Qualität der Fläche und die geringe Anzahl an Isokurven. Ein geschlossenes Loft hat eine Naht.



### Loft mit der Option Neuaufbauen

Eine mögliche Lösung besteht im Neuaufbauen und Verschleifen der 3D-Kurven zu einer einfachen Struktur, welche sich an die anderen, einfacheren Kurven anpasst. Dies sollte machbar sein, ist aber unter Umständen etwas zeitaufwendig.

Es gibt jedoch ein kürzeres Verfahren, womit auf effiziente Weise eine gute Fläche erzeugt werden kann.

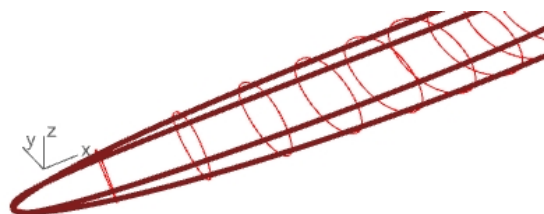
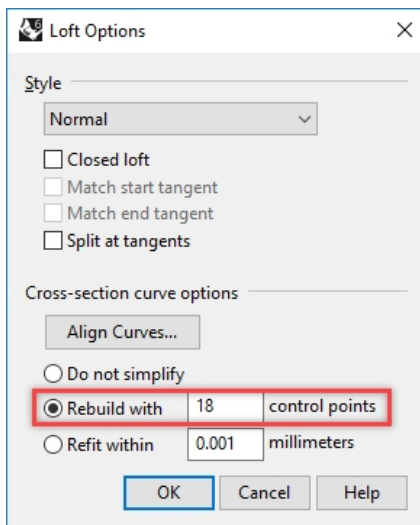
Sie können eine sehr gleichmäßig verteilte glatte Fläche erstellen und auf einfache Weise ihre Punkte anpassen, um sie somit sauber aufliegen zu lassen, wenn Sie im Befehl Loft die Eingabekurven neuaufbauen bevor Sie das Loft erzeugen.

Ändern Sie die Einstellung in Loft von **'Nicht vereinfachen'** auf **'Neuaufbauen mit'** und stellen Sie die Punktzahl auf **18** ein.

Sie werden dann unmittelbar in der Vorschau beobachten können, wie sich die Isokurven schön ebnen. Mit dieser Option werden die Eingabekurven hinter den Szenen neuaufgebaut. Rhino stellt sicher, dass sie alle genau die gleiche, einheitliche Struktur haben (Grad, Punktzahl und Verteilung der Kontrollpunkte.)

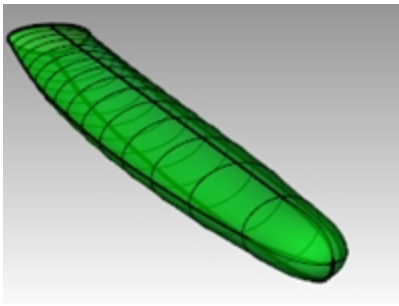
Das Ergebnis ist ziemlich gut, aber nicht richtig auf dem Ende, wo sich die Krümmung schnell ändert.

1. Machen Sie **Rückgängig** bis zum vorherigen Loft
2. **Spiegeln** Sie die 3D-Kurve auf die andere Seite.
3. **Loften** Sie die Kurven mithilfe der Option **Neuaufbauen** unter Angabe von **18 Punkten**.



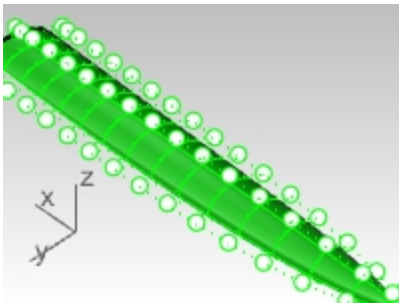
Die Isokurven werden alle ausgerichtet und es sieht auch alles sauber aus - wenn Sie sich jedoch die Spitze genau ansehen, werden Sie feststellen, dass sie von den Eingabekurven abweicht.

4. Die Option **Neuaufbauen** erstellt in Bereichen mit starker Krümmung nicht mehr Elemente, sondern zerteilt die Kurven gleichmäßig.
5. Das Ergebnis ist ziemlich gut, aber nicht richtig auf dem Ende, wo sich die Krümmung schnell ändert.



### Säubern der gelofteten Fläche

1. **Verbergen** Sie die Hintergrundbilder und setzen Sie die Ansicht auf Gitternetz.
2. Aktivieren Sie die Flächenpunkte.



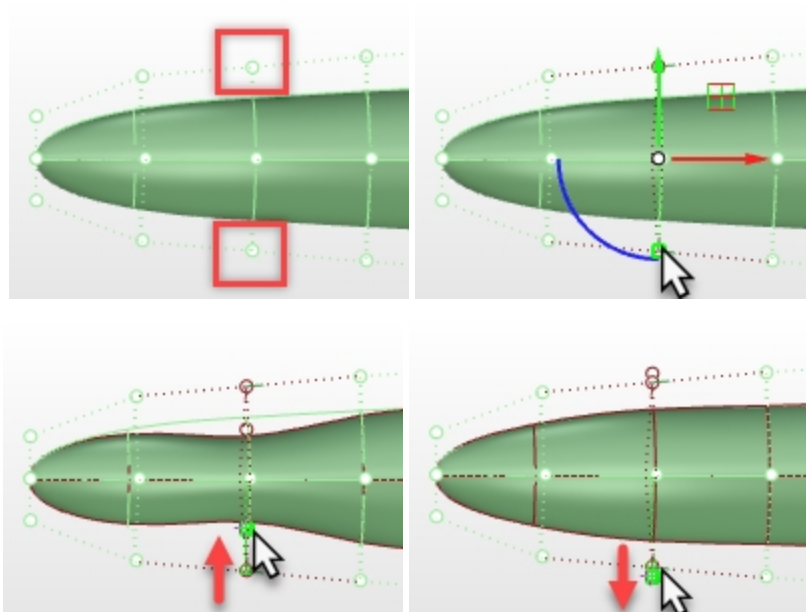
3. Bewegen Sie die Punkte in der **Drauf-** oder **Druntersicht** auf einer Seite der Fläche in Y-Richtung, bis die Fläche mit den Kurven übereinstimmt.

Dazu sollte es ausreichen, einige wenige Punkte zu verschieben.

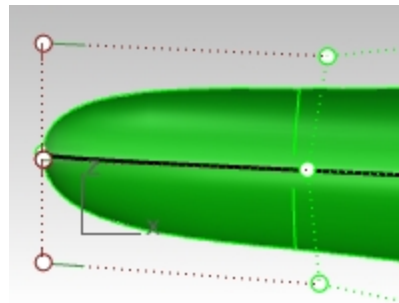
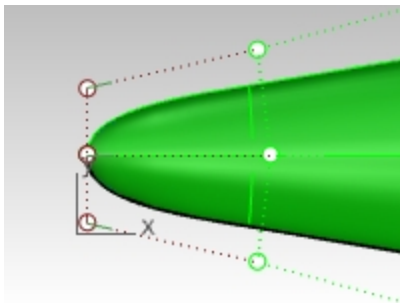
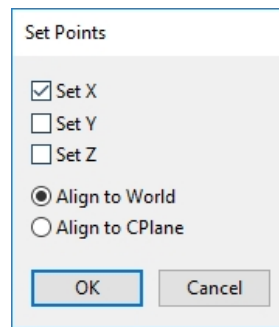
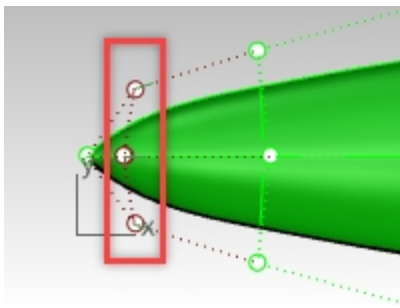
Und wie schaffen wir es, dass die andere Seite genau gleich aussieht?

4. Machen Sie alle vorherigen Schritte **rückgängig**. Als nächstes wählen Sie statt einzelnen Punkten gegenüberliegende Punktpaare aus und skalieren Sie in der Y-Richtung unter alleiniger Verwendung des Gumball.

**Gumball** verwendet automatisch den Mittelpunkt zwischen dem Paar ausgewählter Punkte als Ursprung der Skalierung. Aktivieren Sie **Ortho** um eine symmetrische Skalierung entlang der **Y**-Achse zu gewährleisten.

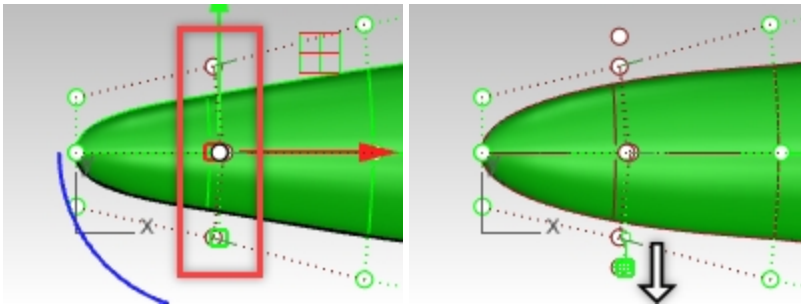


5. Verwenden Sie **PunktDefinieren** in der **Druntersicht** um die zweite Reihe von Kontrollpunkten anzupassen. Damit erhalten Sie einen besseren Standort, an dem sich die Krümmung schnell ändert.

**Druntersicht****Frontansicht**

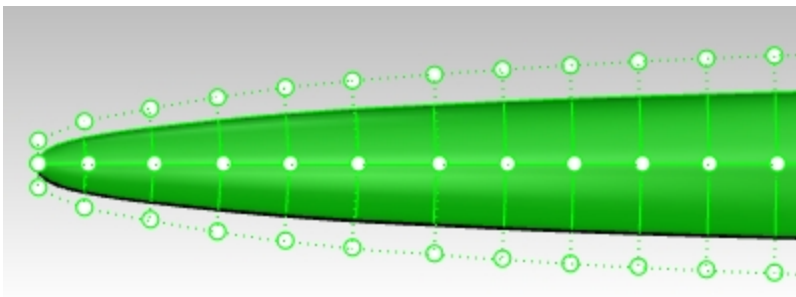
6. Passen Sie in der **Druntersicht** die letzten zwei oder drei Punkteringe an, damit die Fläche dort mit den Kurven übereinstimmt.

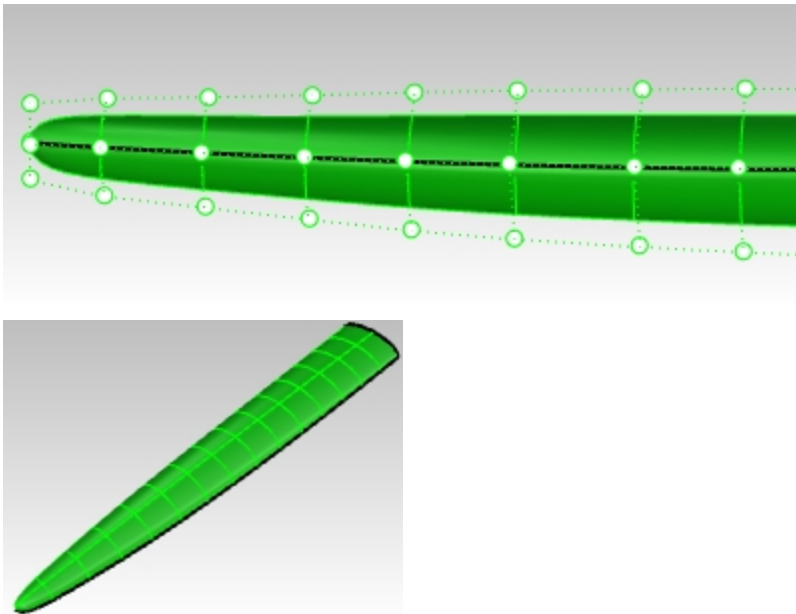
Da das Objekt in dieser Ansicht symmetrisch ist, sollten Paare gegenüberliegender Punkte ausgewählt werden. Mithilfe der **Gumball**-Skalierungsgriffe skalieren Sie dann die Punkte **über** die Gumball-Mitte zueinander hin und voneinander weg.



Verwenden Sie den Befehl **Zugstärke**, um den Skalierungsumfang abzustimmen - so wird mit relativ weiten Mausbewegungen nur wenig skaliert, was die Feineinstellung ermöglicht.

7. In der Seitenansicht ist nichts symmetrisch, verschieben Sie also einzelne Punkte.

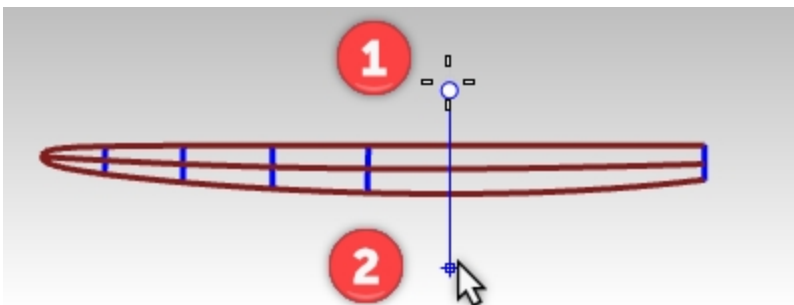
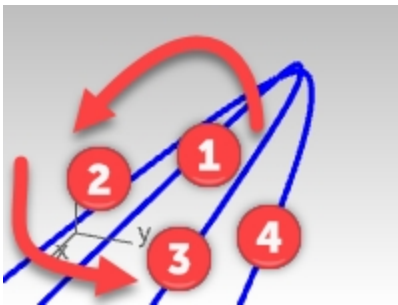




### Netzwerkflächenoption

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Erzeugung zusätzlicher Kurven bei Verwendung des Befehls Netzwerkfläche um die Fläche zu erstellen - für diesen Befehl ist wenigstens eine Kurve in der Richtung 'um' diesen Satz von Kurven herum notwendig. Der Befehl **Querschnittskurven** erzeugt Querschnittskurven durch Profilkurven.

1. Blenden Sie die geloftete Fläche aus oder löschen Sie sie.
2. Starten Sie den Befehl **Querschnittskurven** (*Menü Kurve: Querschnittsprofile*).
3. Wählen Sie die Kurven wie beim Loften der Reihenfolge nach aus, setzen Sie die Option **Geschlossen** auf **Ja** und schließen Sie mit **Enter** ab.
4. Wählen Sie als **Anfangspunkt der Querschnittslinie** im Ansichtsfenster **Front** einen Punkt auf einer Seite der vier Kurven aus.

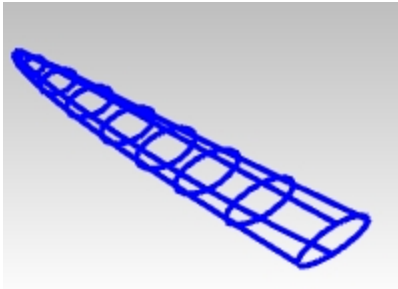


5. Nutzen Sie für die Eingabe des **Endes der Querschnittslinie** die Option **Ortho** und wählen Sie einen Punkt auf der anderen Seite der vier Kurven aus.
6. Wiederholen Sie diesen Prozess, bis Sie entlang der vier Kurven 6-10 Querschnittskurven in gleichmäßigen Abständen haben.

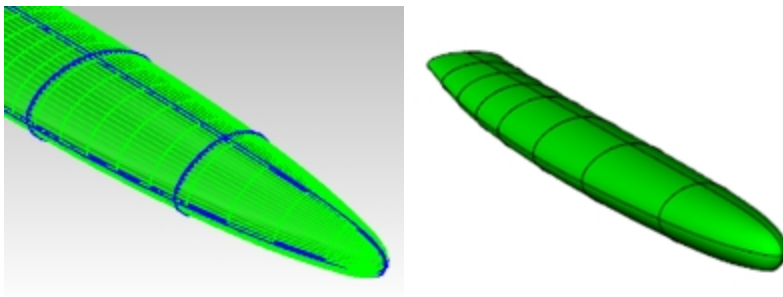
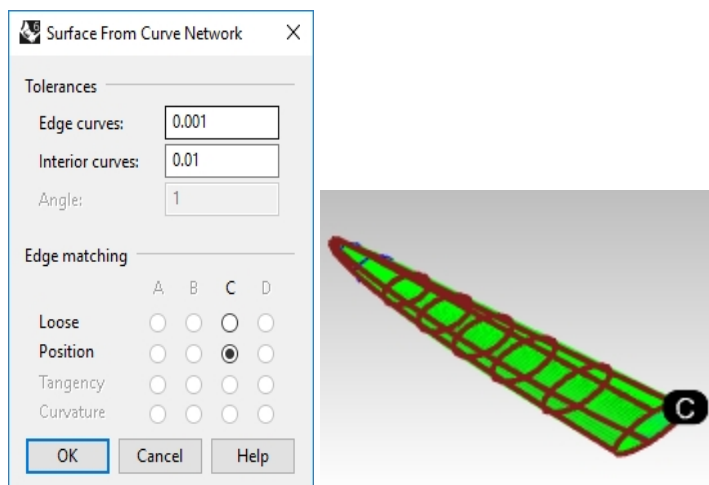
Stellen Sie in jedem Fall sicher, dass Sie unter Verwendung des Ofangs eine Schnittfläche durch die Endpunkte am offenen Ende des Kurvensatzes einfügen.

Beachten Sie in der Perspektive, dass das Ergebnis eine glatte, zwischen den Kurvenenden interpolierende Kurve

ist. Der Befehl wird aktiv bleiben, so dass Sie mehrere Linien im Ansichtsfenster **Front** zur Erzeugung glatter Querschnittskurven definieren können. Der Befehl berechnet die Schnittpunkte der Ebenen, die durch die von Ihnen im Ansichtsfenster definierten Linien repräsentiert werden, und interpoliert dann eine Kurve durch diese Punkte.



7. Erstellen Sie eine Fensterauswahl der Querschnittskurven und der Originalkurven.
8. Verwenden Sie den Befehl **NetzwerkFläche** (*Menü Fläche > Kurvennetzwerk*) zur Erstellung der Fläche.



### Hausaufgabe

Fügen Sie dem Design des Handapparats unter Verwendung der Referenzbilder zusätzliche Details hinzu.



# Kapitel 10 - Vorgehensweisen beim Modellieren

Eine von Rhino-Anwendern angesichts komplexer Modellierungsaufgaben oft gestellte Frage ist: "Wo fange ich an?" Abgesehen davon, dass es für die meisten Modellierungsprobleme mehrere Herangehensweisen gibt, sollten Sie mit der Voraberstellung eines allgemeinen Leitfadens bzw. der Erarbeitung einer gewissen Methodik beginnen. So machen Sie die Modellierung effizienter und vermeiden zeitraubende Nachmodellierungsarbeiten.

Anders gesagt, machen Sie sich über die zu erstellenden Formen Gedanken und investieren Sie etwas Zeit in die Ausarbeitung einer Strategie zum Entwurf Ihrer benötigten Flächen. Nützlich ist auch eine Aufteilung in 'Hauptformen' und Übergangs- bzw. 'Nebenformen' wie Verrundungen oder Überblendungen. Generell sollte eine Fläche keine Haupt- und Nebenfläche zugleich sein.

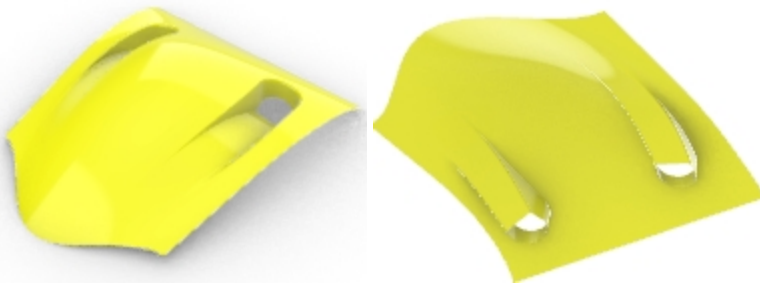
Möglichst einfach und sauber gehaltene Hauptflächen erleichtern auch die Beibehaltung der Flächenglätte und das Hinzufügen von Übergangsflächen.

## Der Ausschnitt

Diese Art fortgeschrittener Flächenmodelle ist auf keinen bestimmten Industriezweig beschränkt. Die Ausschnitttechniken sind anwendbar auf Motorhauben, Fahrradhelme, Bootslüfter, Dächer sowie jedes beliebige Modell, für das eine Ausschnittfläche mit einem sanften Übergang zurück zur Hauptfläche benötigt wird.

### Übung 10-1 Definition und Erstellung von der "Bodenfläche" aus

Das Modellierungsziel dieser Übung besteht in der Erstellung eines Ausschnitts bzw. einer Lüftungsöffnung, welche sich nahtlos und anmutig in eine Fläche einfügt. Beginnen werden Sie mit einer vorhandenen Fläche und einigen 2D-Kurven zur Definierung der angestrebten Form, ehe Sie einige Referenzkurven und einfache Hauptflächen mit im Bedarfsfall guter Stetigkeit erstellen. Schließlich werden Sie darauf hinarbeiten, die Überflächen mit der erforderlichen Stetigkeit zu etablieren.



### Öffnen und Vorbereiten des Modells

1. **Öffnen** Sie das Modell **Lufteintrittsgehäuse.3dm**.  
Beim Öffnen der Datei sehen Sie eine Version mit dem gewünschten, anzustrebenden Ergebnis.
2. Wählen Sie die Ebene **Ausschnittkurven** im **Ebenenpanel** aus, klicken Sie mit der rechten Maustaste und wählen Sie **Eine Ebene ein**.  
So stellen Sie die **Ausschnittkurven** als aktuell ein und deaktivieren die übrigen.
3. Im **Ebenen**-Panel führen Sie folgende Änderungen an den Ebenen aus:

Ebene	Status
Ausschnittkurven	ein und aktuell
Ale anderen Ebenen	ein
Fertiges Lufteintrittsgehäuse	aus

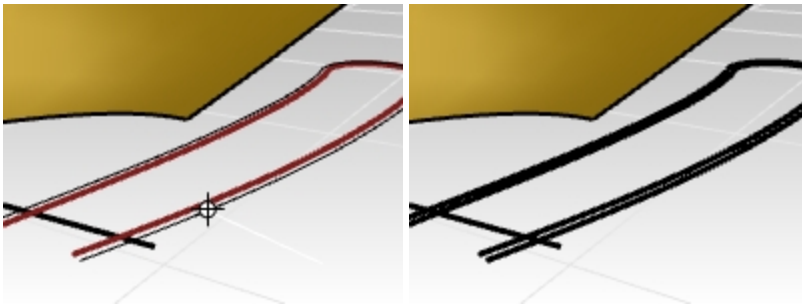
### Projizieren und Verlängern der Kurven

Als nächstes werden Sie einige Referenzkurven auf der Fläche einrichten. Der Boden des Lüftungsgehäuses wird zunächst größer erzeugt als wir ihn benötigen und dann auf die eigentliche Größe und Form zurückgetrimmt. Dies ermöglicht uns die Erstellung sehr einfacher, rechteckiger Flächen, ohne uns jetzt schon auf die genaue Form der Kanten konzentrieren zu müssen.

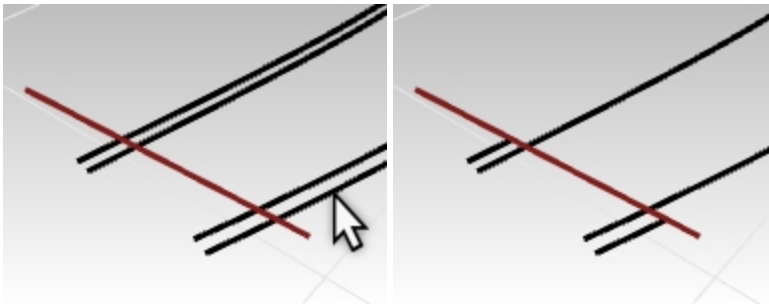
1. Wählen Sie die im Ansichtsfenster **Drauf** die äußere Kurve aus. Die Ausschnittkurven sollten aktiviert und aktuell

sein.

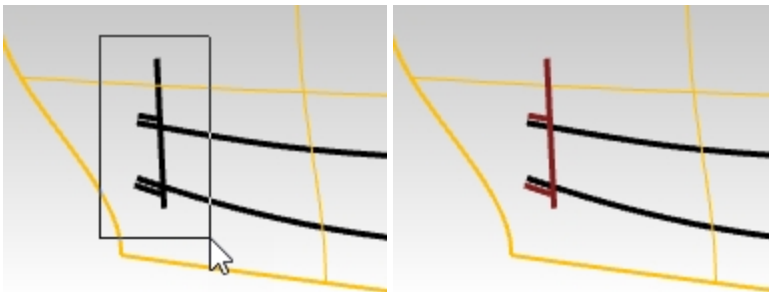
2. Klicken Sie auf das Menü **Kurve**, dann **Versatz** und **Parallelkurve**.
3. Stellen Sie den **Abstand** auf **5** und versetzen Sie die Kurve nach außen.



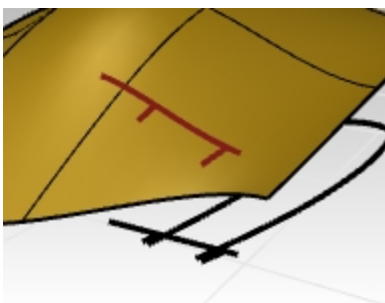
4. Verwenden Sie die Linie, um den Schleifenteil des Versatzes wegzutrimmen und zwei kurze Kurven nahe der Linie zu hinterlassen.



5. Wählen Sie nur die Linie und die getrimmten Kurven aus.



6. Starten Sie den Befehl **Projektion** (Menü *Kurve: Kurve aus Objekten > Projektion*).
7. **Wählen** Sie die Fläche aus und drücken Sie die **Eingabetaste**.  
Die Kurven werden auf die Fläche projiziert.



Die projizierten Kurven werden uns beim Einrichten der Kurven helfen, welche den Boden des Luftertrittsgehäuses definieren.

### Erstellen der Seitenwände

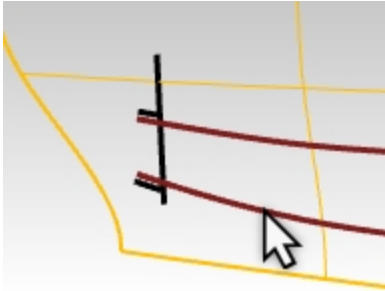
Um die Seitenwände des Luftertrittsgehäuses zu erstellen, können Sie die Form von der Fläche aus abwärts extrudieren, müssen aber zuerst die Formkurve oben auf die Fläche bekommen. Sie werden den Befehl **Projizieren** verwenden, wie schon mit den Kurven im vorherigen Schritt.



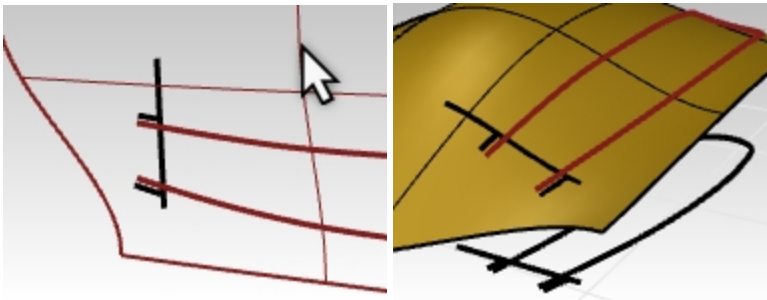
Denken Sie daran, dass der Befehl **Project** die Toleranzeinstellungen verwendet. (Weitere Informationen zum Thema Toleranzen finden Sie auf dieser [Seite](#).)

Projizierte Kurven sind im Allgemeinen komplexer als die ursprünglichen. Am besten ist es, die Kurve so schlicht wie möglich zu halten. Um dies zu erreichen, verwenden Sie die im Befehl **Projizieren** enthaltene Option **Verringert**.

1. Wählen Sie die im Ansichtsfenster **Drauf** die 2D-Formkurve für das Lufteintrittsgehäuse aus.



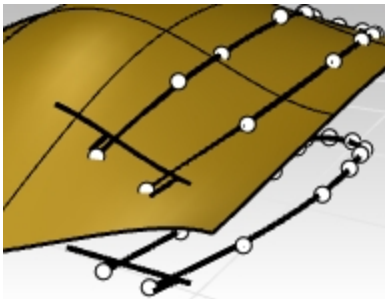
2. Starten Sie den Befehl **Projektion** (*Menü Kurve: Kurve aus Objekten > Projektion*).
3. Bevor Sie die Fläche als Ziel anklicken, stellen Sie die Befehlszeilenoption **Verringert=Ja** ein.
4. Als nächstes wählen Sie die Zielfläche aus und drücken Sie die **Eingabetaste** um den Befehl zu beenden.



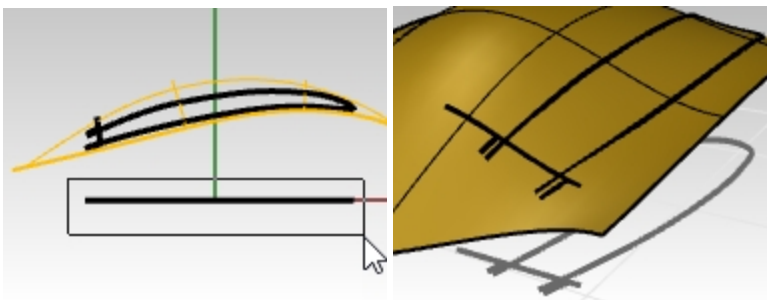
Wenn Sie die Kontrollpunkte für diese projizierte Kurve aktivieren, werden Sie sehen dass Sie die gleiche Kontrollpunktstruktur wie die ursprüngliche 2D-Kurve hat.

Die Verwendung der Option **Verringert** ergibt eine Kurve, welche sich nicht unbedingt innerhalb der Toleranz der Zielfläche befindet.

In vielen Fällen, und so auch im vorliegenden, ist sie einigermaßen damit vereinbar und etwas einfacher und sauberer, was bei der Verwendung der Kurve als Eingabe in einer Fläche von Vorteil ist.



5. Verwenden Sie den Befehl **Sperren** um die Originalkurven auf der Konstruktionsebene **Drauf** zu sperren. Sie werden als visuelle Referenz erhalten bleiben, ohne dass sie ausgewählt werden können. Dies geschieht am einfachsten in der **Frontansicht** mittels eines Auswahlfensters.



## Erzeugung der Kurven für den Boden des Lufteintrittsgehäuses

Als nächstes werden Sie eine Fläche für den unteren Teil des Ausschnitts erzeugen.

Der Ausschnitt ist an einem Ende rund, aber Sie werden eine rechteckige Fläche erzeugen und sie so trimmen, dass sie an einem Ende rund ist.

Mit dieser Methode erhalten Sie eine leichtere und einfacher zu kontrollierende Fläche als mit dem Versuch, die Kanten beim Aufbau der Fläche exakt zu treffen.

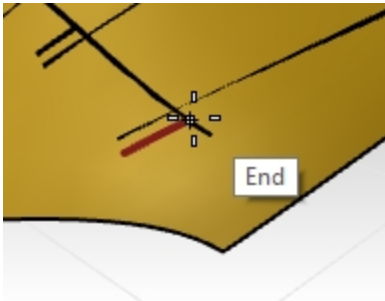
Zuerst werden Sie eine Kurve mit so wenigen Kontrollpunkten wie möglich erzeugen, die so gut wie möglich die Form des Teils darstellt, das für den Boden des Gehäuses verwendet wird.

Versuchen Sie bei der Erzeugung der Kurve, diese aus verschiedenen Blickwinkeln zu untersuchen.

Verwenden Sie den Befehl **Kurve** und stellen Sie die Befehlszeilenoption **Grad=5** ein. Verwenden Sie nicht mehr als sechs Kontrollpunkte für eine sehr glatte Kurve.

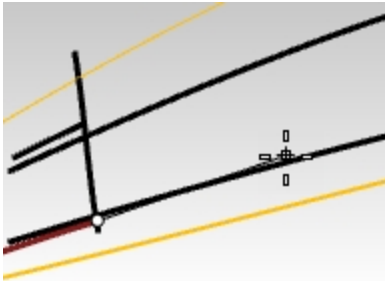
Verwenden Sie auch die Krümmungsanzeige zur Überprüfung der Kurve, um eine sehr geglättete Kurve zu erhalten.

1. **Öffnen** Sie das Modell **Lufteintrittsgehäuse 001.3dm** falls nötig. Anderenfalls arbeiten Sie mit dem Modell aus dem vorangegangenen Abschnitt weiter.
2. Aktivieren Sie in der **Statuszeile** den **Planar**-Modus.  
So wird die Kurve im Moment auf einer einzigen Ebene gehalten.
3. Bei aktiviertem Ansichtsfenster **Front** klicken Sie im Menü **Kurve** auf **Freiform** und dann auf **Kontrollpunkte**.
4. In der Befehlszeile stellen Sie für **Kurve** die Befehlsoption **Grad=5** ein.
5. Fangen Sie in einer beliebigen Ansicht das Ende einer der kurzen projizierten Kurven.

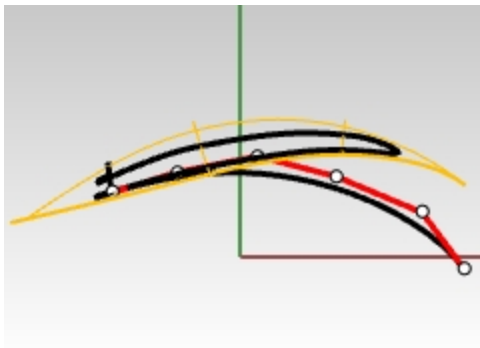


6. Setzen Sie den zweiten Punkt ungefähr in der tangentialen Richtung zu der kurzen projizierten Kurve, mit der Sie angefangen haben.

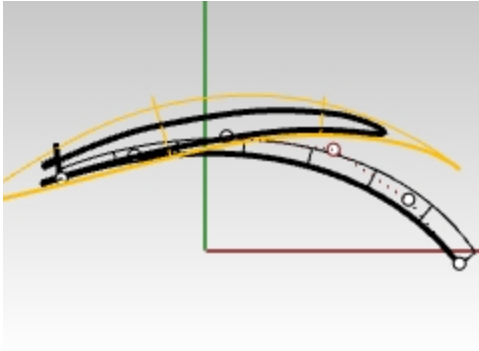
**Hinweis:** Die Kontrollpunkte müssen nicht schon beim ersten Mal perfekt positioniert werden. Sie werden die Kurve bald mithilfe von Kontrollpunkten bearbeiten, um die genaue Form zu erhalten.



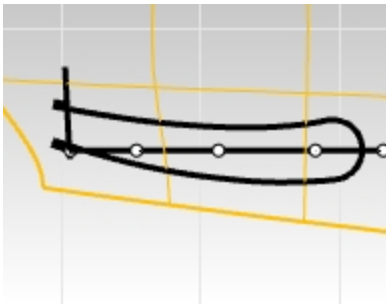
7. Wechseln Sie in das Ansichtsfenster **Front** und zeichnen Sie weiter. Dann platzieren Sie die nächsten vier Punkte in einer glatten Anordnung mit gleichmäßigen Abständen.



8. Passen Sie die Kontrollpunkte mit dem Befehl **KrümmungsAnzeige** nach Bedarf an, um die Kurve glatt weiterzuführen. Ziel ist, die Krümmung im Neigungsverlauf der Kurve sanft ansteigen zu lassen.

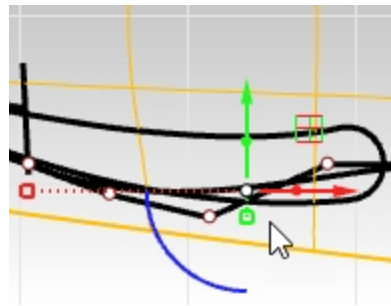


9. Passen Sie die Kurve durch Punktbearbeitung an, um im Ansichtsfenster **Drauf** die richtige Form zu erhalten. Vergewissern Sie sich, dass Sie die Punkte nur in die Y-Richtung (Ortho eignet sich dazu) verschieben, so dass die Form in der **Frontansicht** nicht geändert wird.



Hinweis: Um den Punkt zu verschieben, wird **Gumball** mehr als Ziehen empfohlen. Vergewissern Sie sich, dass Gumball auf Ausrichtung an KEbene oder Welt eingestellt ist (**Gumball-Kontextmenü**).

10. In der **Draufsicht** wählen Sie die letzten drei Punkte auf der Kurve. Verschieben Sie sie mithilfe des grünen **Gumball**-Pfeils in der Y-Richtung. So können Sie sichergehen, dass die in der Frontansicht zu sehende Form nicht geändert wird.



11. Machen Sie die Kurve ungefähr parallel zur Formkurve des Lufteintrittsgehäuses in der **Draufsicht**. Nähern Sie die Kurve mittels Kontrollpunktbearbeitung an die äußerste Originalkurve an und verlängern Sie sie etwas über das gerundete Ende hinaus.

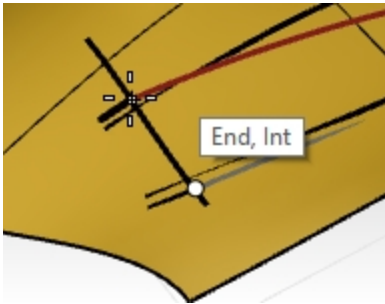


12. Wenn diese Kurve gut aussieht, kopieren Sie die Kurve auf das Ende der anderen kurzen projizierten Kurve. Etwas

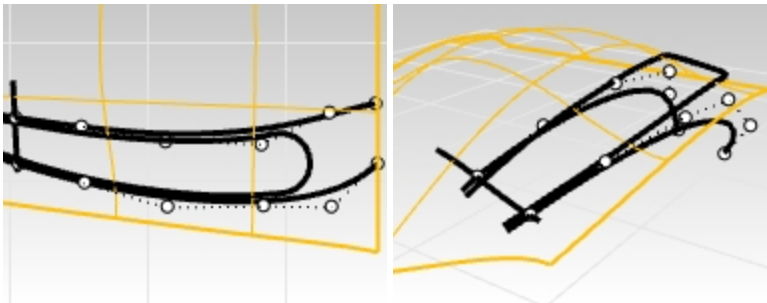
Bearbeitung wird notwendig sein, ein guter Ausgangspunkt für die zweite Kurve ist aber gegeben.

### Kopieren der Kurve

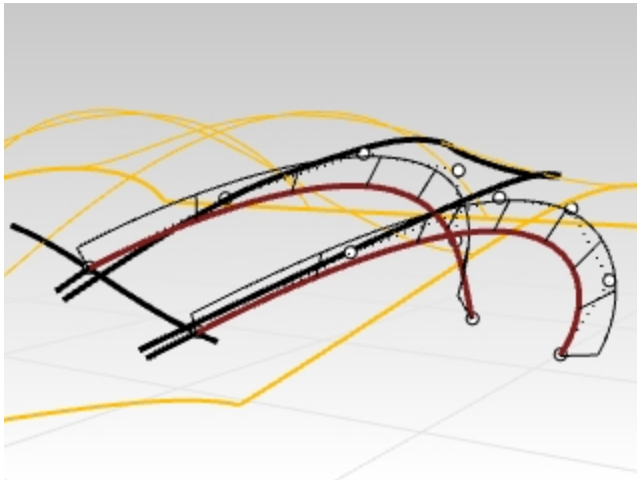
1. **Kopieren** Sie die Kurve auf die andere Kante.



2. Passen Sie die Kurve durch Punktbearbeitung an, um im Ansichtsfenster **Drauf** die richtige Form zu erhalten.



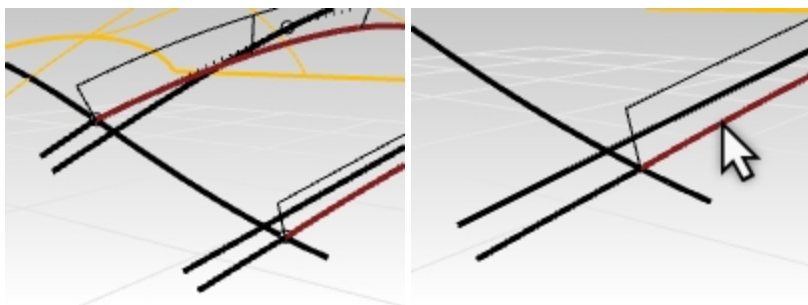
3. Verwenden Sie Kontrollpunktbearbeitung, **Anpassen**, Krümmungsanzeige und **EndAusbuchtung** um diese Kurve so nachzubearbeiten, dass sie sauber und stetig zur projizierten Kurve ist und die gleichen Krümmungseigenschaften wie die erste Kurve besitzt.



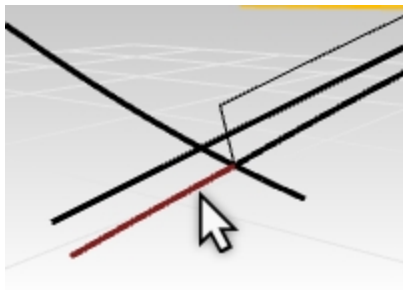
### Reparatur der Stetigkeit

Um die Stetigkeit zu reparieren, vergewissern Sie sich zunächst dass die neue Kurve für die Krümmung an die kleine projizierte Kurve angepasst ist, die sie als Ausgangspunkt verwendet haben. Dies ist der eigentliche Grund, warum Sie jene Kurve auf die Fläche projiziert haben. Sie werden unsere neue Kurve zur Krümmung an die projizierte Kurve anpassen, die auf der Fläche liegt. Damit stellen Sie sicher, dass die neue Kurve gut ausgerichtet und an die Fläche selbst angepasst wird. Damit wird die Bodenfläche hinsichtlich einer leichteren Bearbeitung und Anpassung an die Hauptfläche vorbereitet.

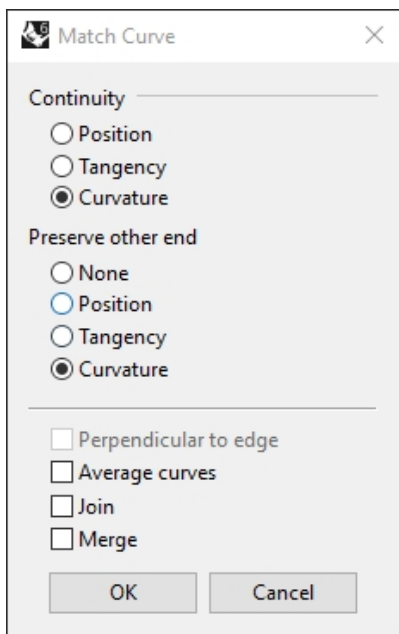
1. Verwenden Sie den Befehl **Anpassen** (*Menü Kurve: Bearbeitungswerkzeuge für Kurven > Anpassen*) aus. Wählen Sie die eben bearbeitete Kurve aus.



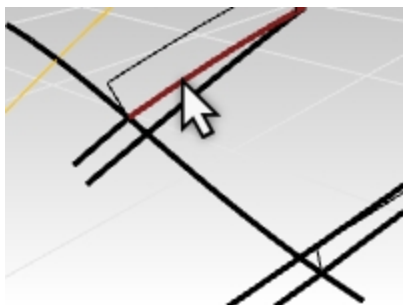
2. Als nächstes wählen Sie die getrimmte Kurve als Überblendung für die **Krümmungsstetigkeit**.



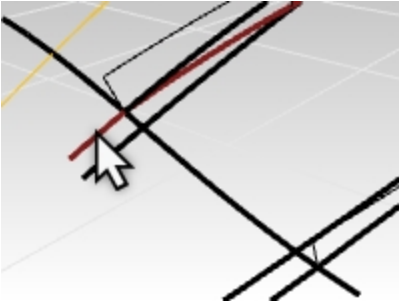
3. Im Dialog für **Anpassen**:  
**Stetigkeit** ist auf **Krümmung** gesetzt.  
**Anderes Ende beibehalten** spielt in diesem Fall keine Rolle, aber Sie können **Krümmung** einstellen.  
 Setzen Sie kein Häkchen bei **Durchschnittskurven**, **Verbinden** oder **Vereinigen**.



4. Als nächstes verwenden Sie **Anpassen** erneut, um die Stetigkeit der kopierten Kurve anzupassen.  
 Wählen Sie die eben kopierte und bearbeitete Kurve aus.



5. Als nächstes wählen Sie die getrimmte Kurve aus, die Sie zuvor kopiert haben.

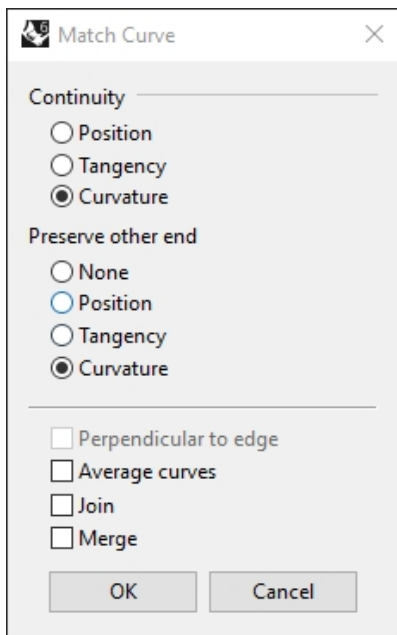


6. Im Dialog für **Anpassen**:

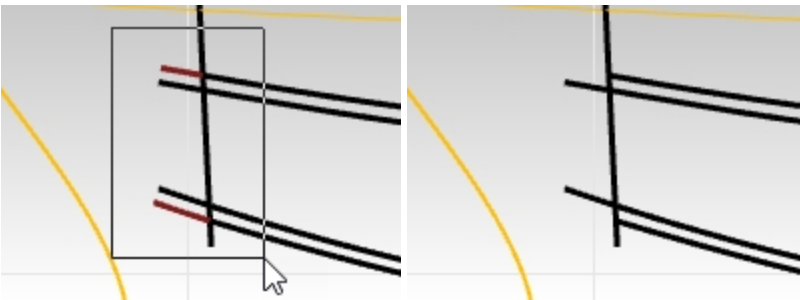
**Stetigkeit** ist auf **Krümmung** gesetzt.

**Anderes Ende beibehalten** spielt in diesem Fall keine Rolle, aber Sie können **Krümmung** einstellen.

Setzen Sie kein Häkchen bei **Durchschnittskurven**, **Verbinden** oder **Vereinigen**.



7. Eventuell wird die Verwendung des Befehls **EndAusbuchtung** und eine weitere Punktbearbeitung nötig sein. Nehmen Sie alle abschließende Feinabstimmung an der Kurve vor. Die vorausgegangene **Anpassung** hat die Krümmungsbeschleunigung möglicherweise etwas durcheinander gebracht. Denken Sie daran dass eine Bearbeitung der letzten drei Punkte auf der Kurve in Ordnung ist, aber das zuvor angepasste Ende ist keine Option wenn es darum geht, die krümmungsstetige Anpassung beizubehalten. Um diese Punkte zu bearbeiten, verwenden Sie den Befehl **EndAusbuchtung** zur Beschränkung der Punktbebewegung, so dass die Krümmung am Ende nicht geändert wird. Bemühen Sie sich, alle Kontrollpunkte in gleichmäßigen Abständen zu platzieren.
8. Die kurzen projizierten Kurven können jetzt verborgen oder gelöscht werden. Wenn die Kurve beim Anpassen verzerrt wird, fügen Sie einen Knoten hinzu und versuchen Sie es noch einmal.



## Aufziehen der Bodenfläche des Lufteintrittsgehäuses

Da Sie jetzt zwei schön angepasste Kurven haben, welche den Überbau für die Bodenfläche des Lufteintrittsgehäuses definieren, können Sie die Fläche an sich erstellen.

Dazu fallen uns unmittelbar zwei Werkzeuge ein - **Aufziehen2Leitkurven** und **Loft**.

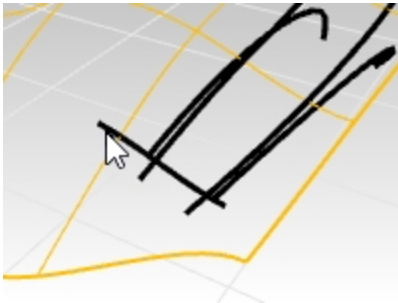
Beide sind gut verwendbar, also schauen wir sie uns näher an. **Aufziehen2Leitkurven** wird in diesem Abschnitt behandelt.

Um **Aufziehen2Leitkurven** hier zu verwenden, brauchen Sie zwei Leitkurven und wenigstens eine Querschnitts- oder Formkurve.

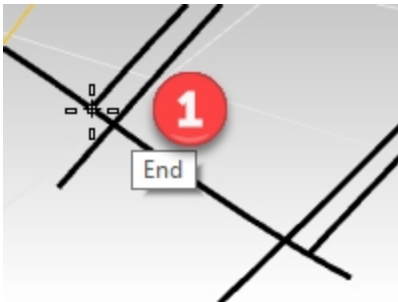
Bis jetzt haben Sie lediglich zwei saubere Leitkurven. Wie können Sie also eine Querschnittskurve erhalten, die Sinn macht?

Die projizierte Linie ist ein guter Anfang, ist derzeit aber über die Leitkurve hinaus verlängert, was Sie jedoch mit dem Befehl **KurveKürzen** beheben können.

1. Im Menü **Kurve** wählen Sie Bearbeitungswerkzeuge für Kurven und Teilkurve.
2. Bei auf **Kopieren=Nein** und **Modus=Kürzen** gesetzten Befehlsoptionen wählen Sie diese Kurve aus.



3. Klicken Sie auf den Kurvenstart, wo die äußere Kurve die zuvor ausgewählte Kurve schneidet. Wählen Sie den Punkt mit dem Sch- oder End-Ofang, wo die Leitkurven auf die projizierte Linie zum Kürzen der Kurve treffen.

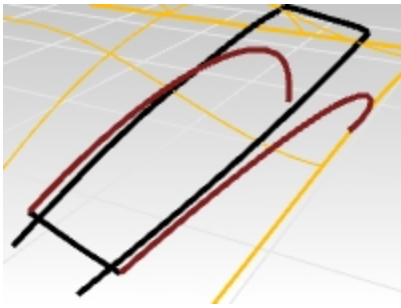


4. Wählen Sie den Endpunkt, wo die äußere Kurve auf der anderen Seite die zuvor ausgewählte Kurve schneidet. Wählen Sie den Punkt mit dem Sch- oder End-Ofang, wo die Leitkurven auf die projizierte Linie zum Kürzen der Kurve treffen.

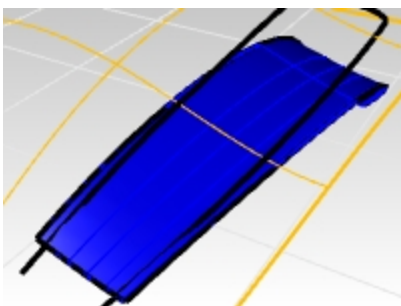
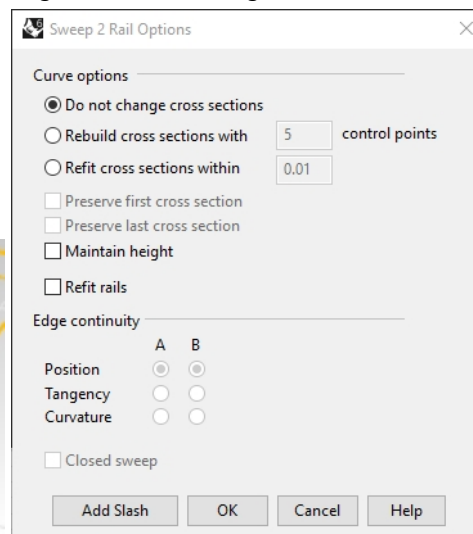
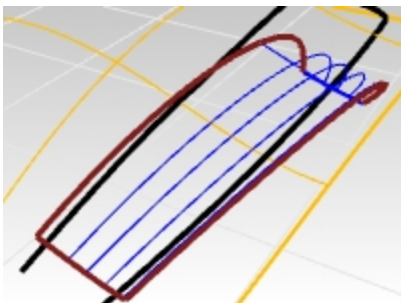


Die Kurve wird gekürzt, um nur den Teil der Kurve zwischen den auf ihr ausgewählten Punkten mit einzubeziehen. Fangen Sie die Sch- oder Endpunkte, wo die Leitkurven auf die projizierte Linie zum Kürzen der Kurve treffen.

5. Wählen Sie die zwei Leitkurven aus.



6. Starten Sie den Befehl **Aufziehen2Leitkurven**. **Aufziehen2Leitkurven** wird die beiden vorausgewählten Kurven als Leitkurven verwenden.
7. Wählen Sie als Querschnitt die gerade als einzige Querschnittskurve gekürzte Kurve aus.  
**Hinweis:** Sie können auch zwischen den unteren Enden der Leitkurven eine Linie einfügen und diese als Querschnittskurve miteinbeziehen, um die durch **Aufziehen2Leitkurven** erzeugte Fläche in einer geraden Linie am unteren Ende auslaufen zu lassen. Möglich sind beide Vorgehensweisen.



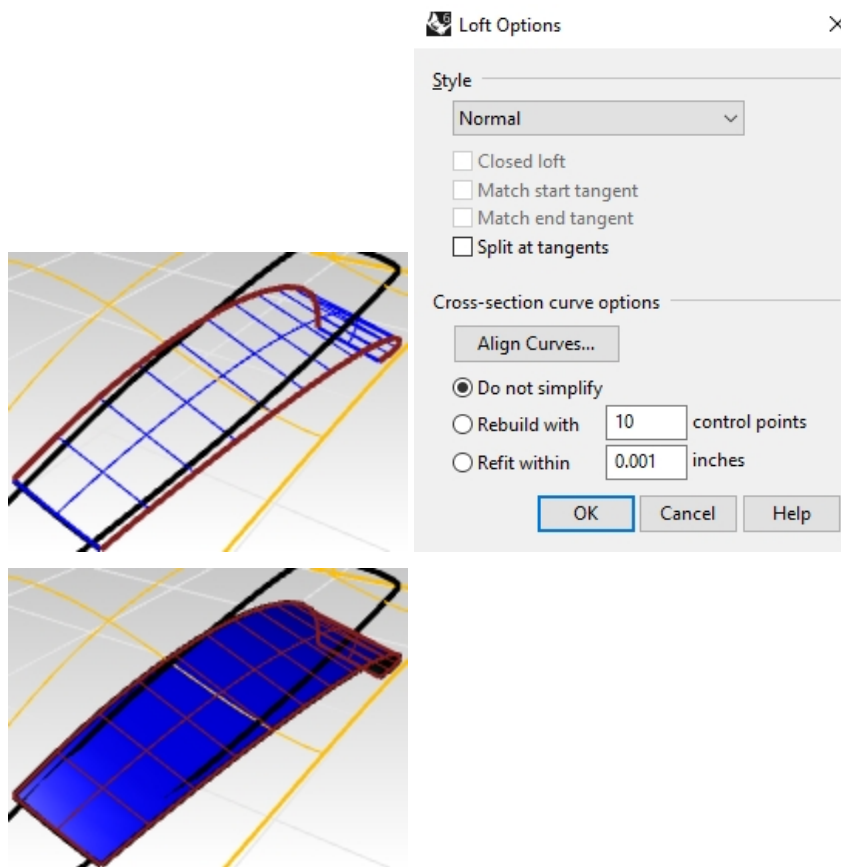
### Eine Fläche loften

Eine weitere Option besteht im Loften beider Kurven, um die Fläche zu erzeugen. Die Fläche muss an die ursprüngliche Bodenfläche angepasst werden. Damit wird die Möglichkeit zur Untersuchung einiger Optionen im Befehl **FlächeAnpassen** gegeben.

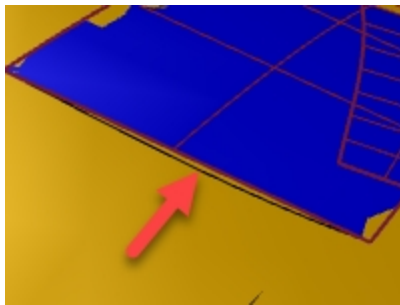
Einerseits hat diese Fläche den Vorteil, sehr schlicht und sauber zu sein, da sie sich nicht an die größere Fläche an der Vorderkante anfügen kann - andererseits ist sie eine gerade Fläche während die größere Fläche gekrümmt ist, und diese fehlende Anpassung muss behoben werden.

1. Wählen Sie die beiden Kurven aus und starten Sie Loft.
2. Starten Sie den Befehl **Loft** (*Menü Fläche: Loft*), um die Fläche zwischen den zwei Kurven zu erzeugen.  
 Da die geloftete Fläche flach ist, wird eine kleine Lücke an der Kante der Originalfläche vorhanden sein. Achten Sie daher jetzt darauf, den **Loftdialogstil** erneut auf **Normal** einzustellen und die Option **Nicht vereinfachen** zu wählen.





Einerseits hat diese Fläche den Vorteil, sehr schlicht und sauber zu sein, da sie sich nicht an die größere Fläche an der Vorderkante anfügen kann - andererseits ist sie eine gerade Fläche während die größere Fläche gekrümmt ist, und daher ist keine Anpassung vorhanden. Dies werden Sie als nächstes beheben.



### FlächeAnpassen

Welches Werkzeug zur Flächenerzeugung Sie auch immer verwenden, kommt es darauf an, die neue Fläche nahtlos in die größere Fläche übergehen zu lassen.

1. Starten Sie den Befehl **FlächeAnpassen** (*Menü Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > Anpassen*), um die geloftete Fläche an die Kante der Originalfläche für die Krümmung anzupassen.
2. Bei der Eingabeaufforderung zur Auswahl der Kurve oder Kante zum Anpassen, wählen Sie die gekürzte Linie, welche die Vorderkante des Lufteintrittsgehäuses definiert, als zu ändernde Kante aus.
3. Bei der Eingabeaufforderung zur Auswahl der Kurve oder Kante zum Anpassen, setzen Sie die Befehlszeilenoption **KurveNaheFläche** auf **Ein**. Dies ermöglicht Ihnen die Übereinstimmung mit jeglicher Kurve oder Position auf der Zielfläche, nicht nur einer Kante dieser Fläche.
4. Durch Drücken der **Eingabetaste** werden Sie zur Auswahl der Zielfläche aufgefordert. Wählen Sie die größere Originalfläche aus.

Die Bodenkante des Lufteintrittsgehäuses wird entlang der ausgewählten Kurve zur Zielfläche hinabgezogen. Im Ansichtsfenster erscheint eine Vorschau der Flächenanpassung.

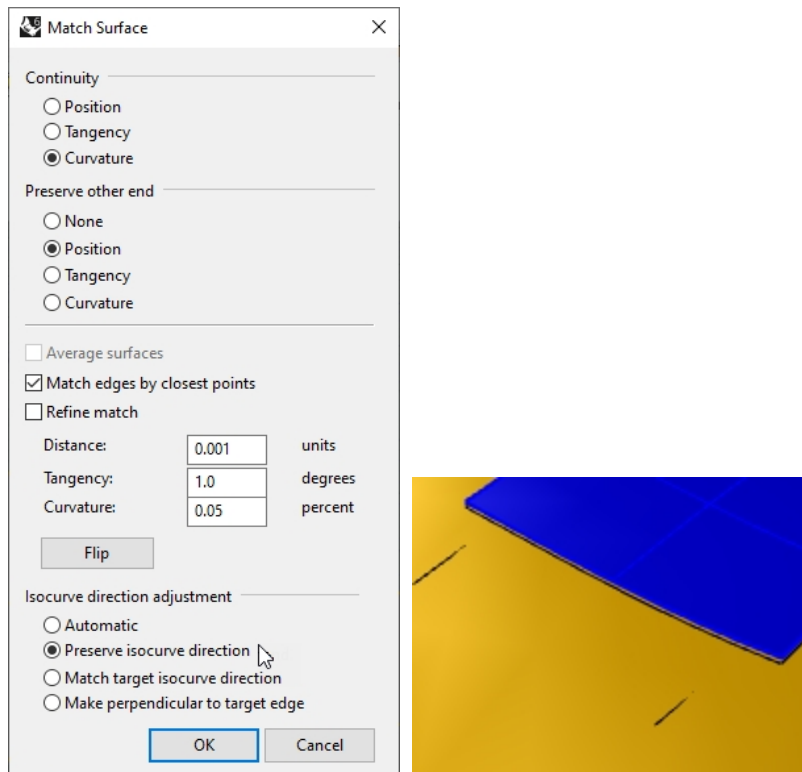
Dabei kann es passieren, dass die angepasste Fläche sehr drastisch verzogen wird, um rechtwinklig zur Zielkante

zu sein. Hierauf wird im nächsten Schritt eingegangen.

5. Ziel ist die Anpassung an die Krümmung nach nächstliegenden Punkten und Beibehaltung der Isokurvenrichtung der Fläche.

Ändern Sie im Dialogfenster von FlächeAnpassen die **Anpassung der Isokurvenrichtung** von **Automatisch** auf **Isokurvenrichtung beibehalten**.

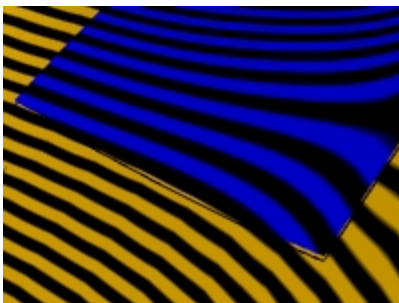
In der Vorschau sollte die Fläche nun mit weniger Verzerrung angepasst werden.



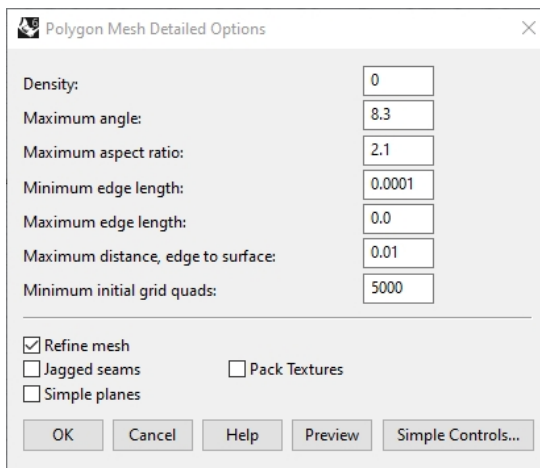
### Überprüfen Sie die Stetigkeit

Zur Überprüfung wie das vorherige **FlächeAnpassen** funktionierte, verwenden Sie den Befehl **Lichtlinienanalyse** um die Stetigkeit der beiden Flächen einer Sichtprüfung zu unterziehen. Da sich diese Flächen in der Mitte der Zielfläche überschneiden, müssen Sie das Analysenetz für die Lichtlinienanzeige sehr fein und genau einstellen, um die Kollision zwischen den beiden Flächen zu minimieren, wo diese sich berühren.

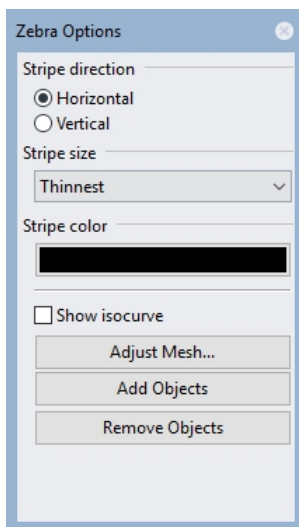
1. Wählen Sie die große Fläche aus und die Bodenfläche des Lufteintrittsgehäuses.
2. Starten Sie den Befehl **Lichtlinien** (*Menü Analysieren: Fläche > Lichtlinien*), um die Stetigkeit der beiden Flächen zu überprüfen.



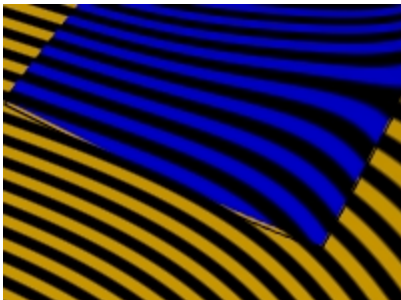
3. Wenn die Anzeige zur Darstellung der Lichtlinien überwechselt, klicken Sie auf die Schaltfläche **Polygonnetz anpassen** im Dialogfenster **Lichtlinienoptionen**. Erhöhen Sie die Dichte des Analysenetzes.
4. Stellen Sie **Maximaler Abstand Kante zu Fläche** auf **.01** und **Minimale Quadrate des anfänglichen Gitters** auf **5000**. Sie könnten sogar bis 10,000 gehen. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Vorschau** um Ihr neues Netz zu sehen.



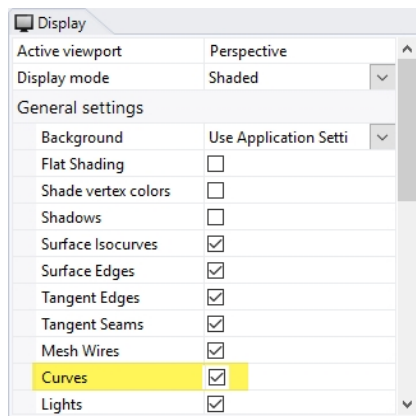
5. Stellen Sie die Streifenrichtung auf **Horizontal** und die **Streifengröße** auf **Dünnere**, um eine gute Anzeige zu erhalten. Klicken Sie auf **OK**.



6. Jetzt können Sie die Lichtlinien mit der zusätzlichen Glätte auf dem Rendernetz analysieren.



**Hinweis:** im **Anzeige**panel könnte es nützlich sein, die **Kurvenanzeige** zeitweilig zu deaktivieren, um die **Lichtlinienanzeige** auf der Position der projizierten Linie besser sehen zu können. Vergewissern Sie sich dann, die Option der Kurvenauswahl erneut zu aktivieren.

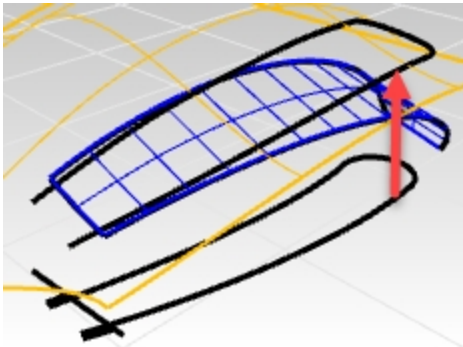


## Erstellung der Ausschnittseiten

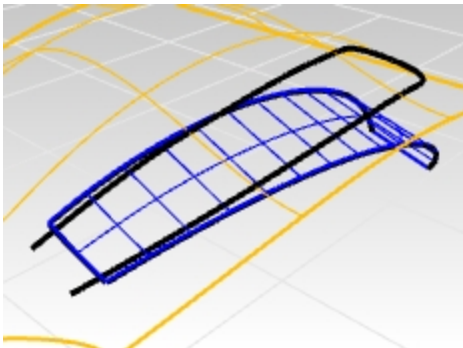
Um die Seiten des Ausschnitts zu erstellen, extrudieren Sie die zu Beginn dieser Übung auf die Originalfläche projizierte Kurve nach unten. Um sich ein Bild zu machen, können Sie davon ausgehen dass das Objekt vertikal aus einer Form gezogen werden muss, also müssen Sie die Fläche mit einem Entformungswinkel entwerfen. Sie werden eine Entformung von 10 Grad verwenden und dann die extrudierte Fläche mit der im vorherigen Schritt gelofteten Fläche trimmen.

### Die Kurve extrudieren, verjüngt

1. **Öffnen** Sie das Modell **Lufteintrittsgehäuse 003.3dm** wenn nötig, ansonsten arbeiten Sie mit Ihrem Modell weiter.
2. Wenn Sie die projizierte Kurve nicht auffinden können, verwenden Sie den Befehl **Projizieren**, um die äußere Kurve des Lufteintrittsgehäuses auf die die Originalfläche zu projizieren.

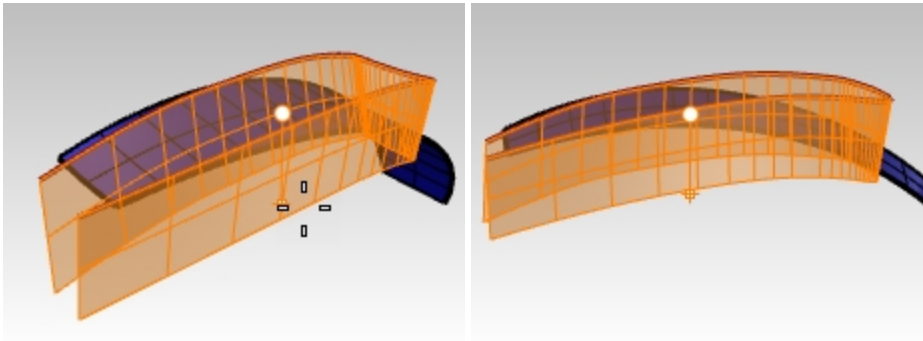


3. Entsperrn Sie unter Verwendung des Befehls **Entsperrn** die Originalkurven auf der Konstruktionsebene Drauf.
4. Blenden Sie dann unter Verwendung des Befehls **Ausblenden** die Kurven auf der Konstruktionsebene Drauf und der Originalfläche aus.

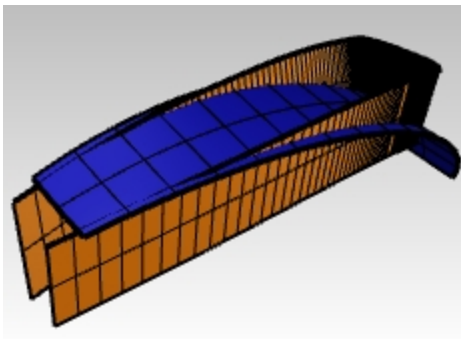


5. Legen Sie im **Ebenenpanel** die Ebene **Seitliche Wände** als aktuelle Ebene fest.
6. **Wählen** Sie die projizierte Kurve aus.
7. Verwenden Sie den Befehl **KurveExtrudierenVerjüngt** (*Menü Fläche: Kurve extrudieren > Verjüngt*), um die projizierte Kurve zu extrudieren.

8. Stellen Sie den **Entformungswinkel** auf **10**.  
Ziehen Sie die Extrusion nach unten. Mit auf **10** gesetztem Entformungswinkel sollte sich die Extrusion einwärts verjüngen, also umso enger werden, je weiter Sie sie nach unten ziehen. Wird sie stattdessen weiter, verwenden Sie die Option **WinkelUmdrehen** im Befehl **KurveExtrudierenVerjüngt** um die Extrusion anders zu verjüngen.
9. Ziehen Sie die Fläche, bis sie die untere Fläche vollständig schneidet, halten Sie dort an und klicken Sie.  
Wenn Sie die Fläche zu weit extrudieren, könnten Sie statt einer einzelnen Fläche einen Flächenverband erhalten. Überprüfen Sie dies im **Eigenschaftenpanel**.  
In diesem Fall extrudieren Sie erneut und ziehen nicht ganz so weit.  
Wenn Sie die Fläche nicht weit genug ziehen können, um den Boden zu durchdringen, ohne dabei einen Flächenverband zu erzeugen, extrudieren Sie sie nur um einen kleinen Abstand.

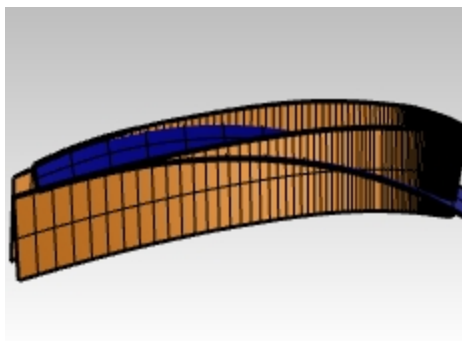


10. Falls nötig, verwenden Sie den Befehl **FlächeVerlängern** (*Menü Fläche: Fläche verlängern*), um die Fläche der seitlichen Wände durch die Bodenfläche zu verlängern.  
Die extrudierte Fläche der Seitenwände ist eine sehr dichte Fläche.

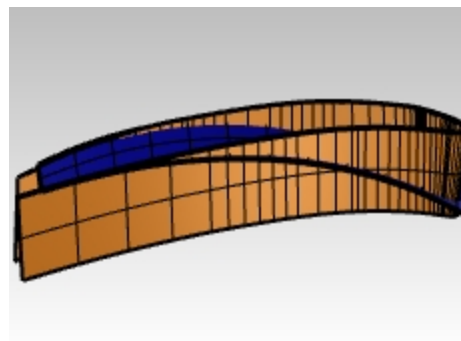


### Neuanpassen der Fläche

1. Wählen Sie die verjüngte Extrusion.
2. Starten Sie den Befehl **FlächeAngleichen** (*Menü Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > An Toleranz neu anpassen*), um die Fläche zu vereinfachen.
3. Stellen Sie die Befehlszeilenoptionen auf eine **Passungstoleranz** von **0.001** mit **Eingabelöschen=Ja**, **WiederTrimmen=Ja**, **UGrad=3** und **VGrad=3** ein.



Vor



Zeitpunkt

## Übergangsflächen

### Erzeugung der Verrundungen

Zunächst erzeugen Sie Verrundungen mit einem durchgängigen 'Kugelradius' zwischen den Seiten des Lufteintrittsgehäuses und der zuvor erzeugten Bodenfläche, sowie zwischen den Seiten und der Hauptfläche mit denen Sie begonnen haben.

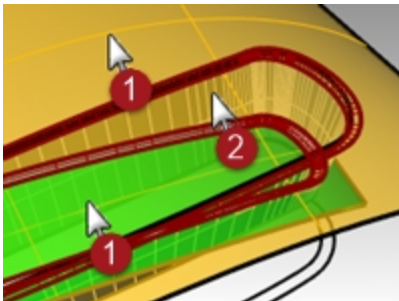
1. **Zeigen** Sie die Originalfläche an.
2. Legen Sie im **Ebenen**-Panel die Ebene **Verrunden** als aktuelle Ebene fest.  
Während des Erzeugen und Trimmen der Verrundungen ist es nützlich, den Anzeigemodus Gitternetz aktiviert zu haben.
3. Starten Sie den Befehl **FlächenVerrunden** (*Menü Fläche: Flächen verrunden*) mit **Radius=5**, **Verlängern=Nein** und **Trimmen=Nein**, um die Verrundungen zwischen der unteren Fläche und den Seiten zu erzeugen.
4. Wählen Sie auf der ersten **Fläche zum Verrunden** die untere Bodenfläche aus.
5. Als nächstes **wählen** Sie die seitliche Fläche über der Bodenfläche aus.

Wiederholen Sie den Vorgang für die seitlichen Flächen und die Haupt-Startfläche. In diesem Fall sollte die Auswahlposition auf der großen Fläche außerhalb des Lufteintrittsgehäuses nach einer Seite hin liegen - dies bewirkt, dass die Verrundung nach außen und nicht zur Innenseite hin geschieht. Die Verrundungsflächen werden viel zu lang und werden sich überdies schneiden - aber machen Sie sich darüber keine Sorgen, da wir später alles schön zurechttrimmen werden.

**Hinweis: FlächenVerrunden** achtet darauf, wohin Sie auf den Eingabeflächen klicken. Da es bis zu vier mögliche Verrundungen zwischen zwei Flächen geben kann, teilt die Auswahlposition Rhino mit, wohin die Leitkurven oder Kanten der Verrundungen verlaufen sollten.

Die zwei Verrundungen kreuzen einander. Sie werden beide bis an ihre Schnittpunkte trimmen.

Es ist dabei von Bedeutung, wo Sie die Kurven auswählen.



### Trimmen der Verrundungsflächen

Beide Verrundungsflächen sind tangential zu der verjüngten Seite des Gehäuses. Dort, wo sich die Verrundungen schneiden, liegen sie tangential zueinander.

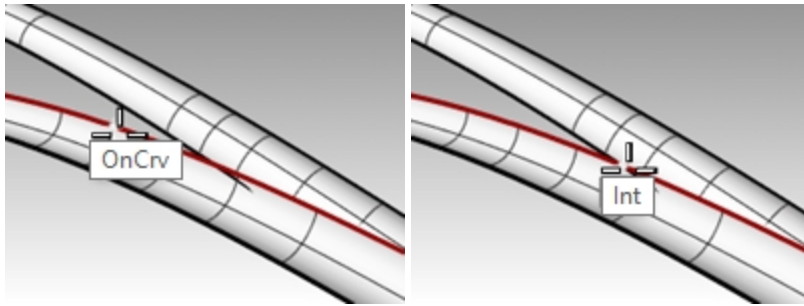
Wenn Sie die Enden der Verrundungen an eine Ebene trimmen, liegen die getrimmten Kanten tangential zueinander. Die Trimmung dieser Flächen ist hilfreich bei der Erzeugung der endgültigen Flächen, die die Verrundungen zwischen dem Gehäuse und den Hauptflächen überblenden.

Zur Erzeugung der Ebene legen Sie zuerst einige Kreise mit der Option **UmKurve** um eine Kante der Verrundungsflächen an und erstellen Sie dann planare Flächen aus den Kreisen.

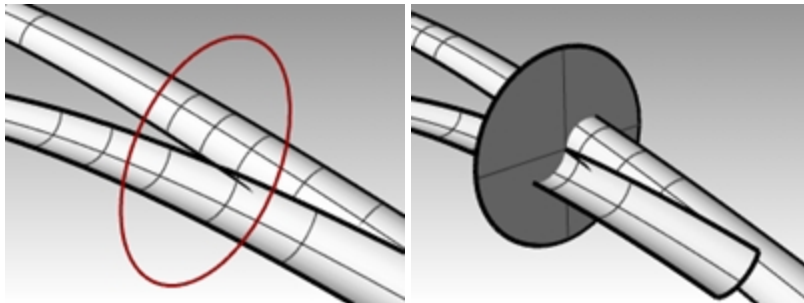
1. **Öffnen** Sie das Modell **Lufteintrittsgehäuse 004.3dm**, falls nötig.
2. **Wählen** Sie die Verrundungen und führen Sie den Befehl **Isolieren** in der Werkzeugleiste **Sichtbarkeit** aus, um sie zu isolieren.  
Jedes andere Objekt, das nicht ausgewählt ist und zudem weder Kontrollpunkte hat noch gesperrt ist, wird ausgeblendet.
3. Starten Sie den Befehl **Kreis** und verwenden Sie die Option **UmKurve**. Aktivieren Sie **Schnittpunkt** als einzigen Objektfang.

**Hinweis:** Klicken Sie mit der rechten Maustaste in der Ofang-Leiste auf **Schnittpunkt**. So werden alle anderen Ofänge ausgeschaltet und nur die mit der rechten Maustaste angeklickte Option bleibt aktiviert.

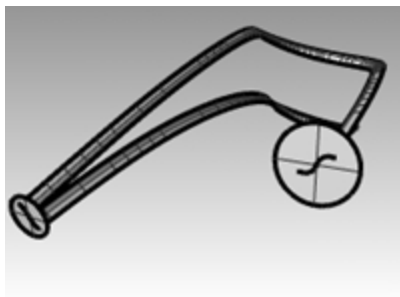
Die Option **UmKurve** zwingt den Befehl **Kreis**, Kurven einschließlich Randkurven zu suchen, um den Kreis um sie herum zu zeichnen.



4. Klicken Sie auf die obere Kante der unteren Fläche und fangen Sie den Schnittpunkt.
5. Zeichnen Sie den Kreis über die Breite der Verrundungsflächen hinaus.
6. Starten Sie den Befehl **Planarfläche** (*Menü Fläche: Planare Kurven*) und klicken Sie auf den Kreis, um eine Fläche mit der Kreiskurve auf dem Schnittpunkt zu erzeugen.
7. Wiederholen Sie diese Schritte für den anderen Schnittpunkt.



8. Verrunden Sie den Befehl **Trimmen**, um die freien Enden beider Verrundungsflächen wegzutrimmen.

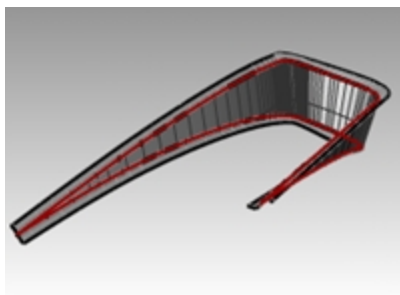


9. Wiederholen Sie diesen Vorgang für die 'Kollision' auf der anderen Seite.
10. Löschen Sie die Planarflächen und Kreise, die zum Erzeugen der Planarflächen verwendet wurden.

### Trimmen der Seiten des Gehäuses

Sie können die getrimmten Verrundungen verwenden, um die Seitenfläche des Gehäuses zurückzutrimmen.

1. Verwenden Sie **AuswahlAnzeigen**, um die verjüngte Seitenfläche anzuzeigen.
2. Verwenden Sie die Verrundungsflächen als Trimmobjekte, um den Überfluss aus den Seitenflächen zu trimmen. Es geht oft schneller, mit Kurven als mit Flächen zu trimmen, vor allem, wenn die Flächen wie im Fall der Verrundungen tangential zum zu trimmenden Objekt liegen.
3. Falls dabei Probleme auftreten sollten, **duplizieren** Sie die zwei Kanten die mit der Seitenfläche in Kontakt stehen, und verwenden Sie sie als Trimmobjekte.



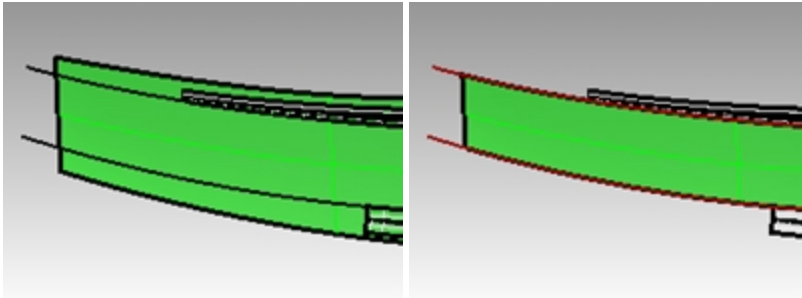


### Trimmen Sie die Haupt- und die Bodenflächen

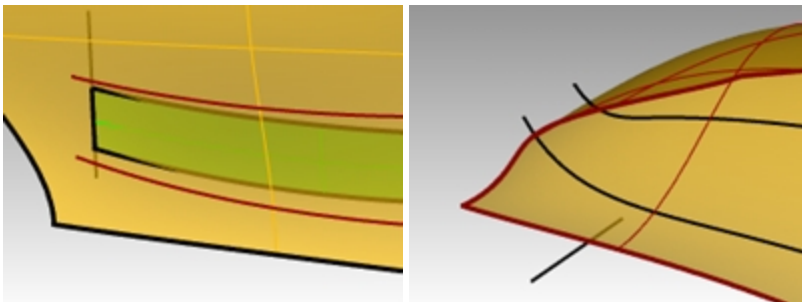
Die nächste Aufgabe besteht in der Verlängerung der Verrundungskanten, so dass sowohl die Haupt- als auch die Bodenfläche zurückgetrimmt werden kann.

Die interne (untere) Kante der unteren Verrundung wird vom Ende der Bodenfläche weg verlängert, und die äußere (obere) Kante der oberen Verrundung wird über das Ende der Gehäuseöffnung hinaus verlängert. Die verlängerten Kurven werden auf die entsprechenden Flächen projiziert und zum Trimmen verwendet.

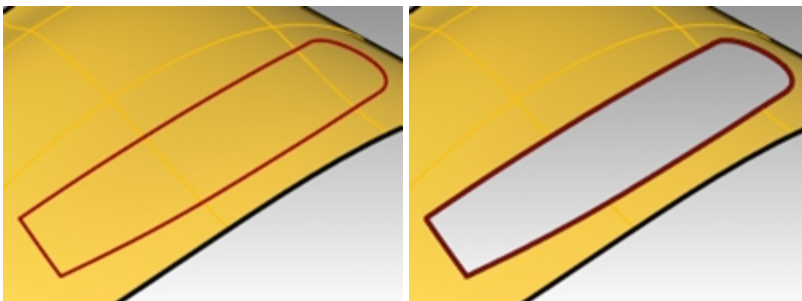
1. **Öffnen** Sie das Modell **Lufteintrittsgehäuse 005.3dm** falls nötig.
2. Verwenden Sie den Befehl **AuswahlAnzeigen** um die Kurven auf der Konstruktionsebene Drauf und der Bodenfläche anzuzeigen.
3. Verwenden Sie im Ansichtsfenster **Drauf** den Befehl **Verlängern** mit der Option **Typ=WeicherÜbergang**, um beide untere Enden der unteren Verrundungskante über die Frontseite der Bodenfläche zu verlängern.
4. Verwenden Sie diese Kurven - immer noch im Ansichtsfenster **Drauf** - um die äußeren Kanten von der Bodenfläche zu trimmen.



5. Verwenden Sie den Befehl **Verlängern**, um die äußeren Kanten der oberen Verrundung über das Ende der Bodenfläche zu verlängern.  
Beachten Sie, dass diese verlängerten Kurven im Ansichtsfenster **Perspektive** an ihren äußeren Enden im Raum liegen.
6. Machen Sie die Hauptfläche mit **AuswahlAnzeigen** sichtbar, falls sie ausgeblendet war.
7. **Projizieren** Sie die Kurven im Ansichtsfenster **Drauf** auf die Hauptfläche.



8. Verwenden Sie den Befehl **AuswahlAnzeigen** oder aktivieren Sie die Ebene für die Originalkurven und **projizieren** Sie das Liniensegment auf die Hauptfläche.
9. **Trimmen** Sie die projizierten Kurven miteinander, so dass sie eine geschlossene Schlaufe bilden.
10. Verwenden Sie die geschlossenen Kurven, um eine Öffnung in die Hauptfläche zu **trimmen**.





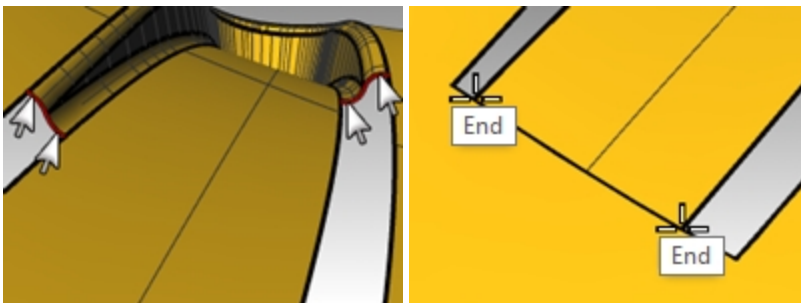
## Die Kurven zum Erzeugen der Flächen definieren

Sie sind nun fast so weit, die Flächen erzeugen zu können. Wie Sie sehen, haben Sie zwei schöne rechteckige Lücken in den Flächen und müssen nur die Kurven und Kanten so um die Lücken arrangieren, dass Sie eine **Kurve an 2 Leitkurven aufziehen** oder **eine Fläche aus einem Kurvennetzwerk** erstellen können.

Da ein Ende jedes offenen Rechtecks durch zwei tangentielle Verrundungskanten gebunden ist, müssen Sie dort eine einzelne Kurve als Eingabekurve erzeugen. Sie werden die vier Kurven duplizieren und sie zu zwei s-förmigen Kurven verbinden. Das andere Ende jedes Rechtecks wird durch einen Teil des Endes der Öffnung auf der Hauptfläche gebunden.

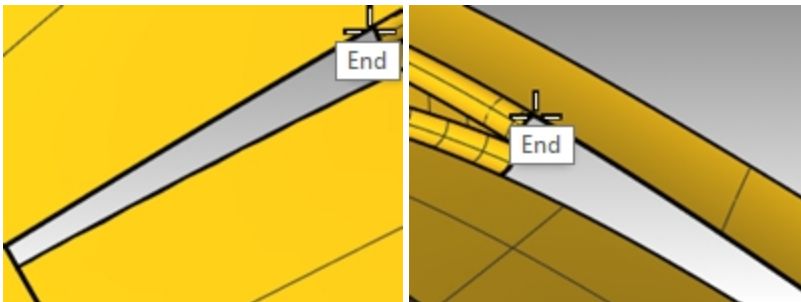
Sie werden diese lange Kante in Segmente unterteilen, die genau den Enden der rechteckigen Öffnungen entsprechen.

1. **Öffnen** Sie das Modell **Lufteintrittsgehäuse 006.3dm** falls nötig.
2. Verwenden Sie den Befehl **KanteDuplizieren**, um Kurven an den getrimmten Kanten der Verrundungen zu erzeugen.
3. **Verbinden** Sie diese vier Kanten zu zwei Kurven.
4. Verwenden Sie den Befehl **KanteTeilen** (*Menü Analysieren: Kantenwerkzeuge > Kante teilen*) und den Objektfang **End**, um die gerade Kante der getrimmten Öffnung in der Hauptfläche an den Endpunkten der Kante der Bodenfläche zu trimmen.

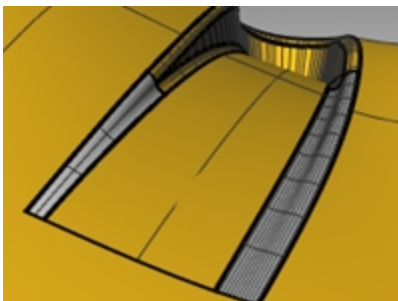


5. Verwenden Sie den Befehl **KanteTeilen**, um die langen Kanten an den Endpunkten der Verrundungskanten zu teilen.

Dies sorgt für eine reibungslosere Ausführung des Befehls **NetzwerkFläche**.



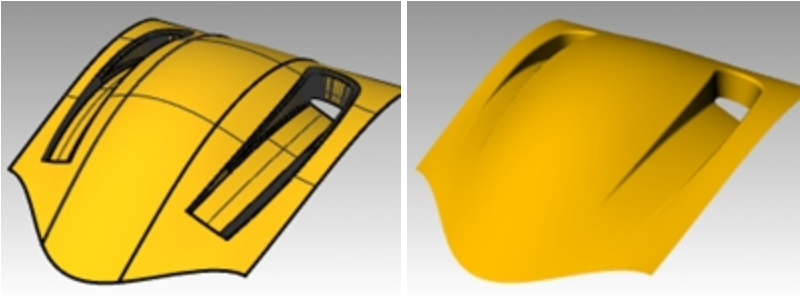
6. Verwenden Sie den Befehl **Aufziehen2Leitkurven** mit **Optionen der Leitkurve=Tangentialität** oder **NetzwerkFläche**, um die letzten zwei Flächen zu erzeugen. Die Flächen beginnen mit den s-förmigen Kurven, die Sie dupliziert haben, und enden Sie mit einer flachen Linie an den geteilten Kanten.



## Die Flächen beenden

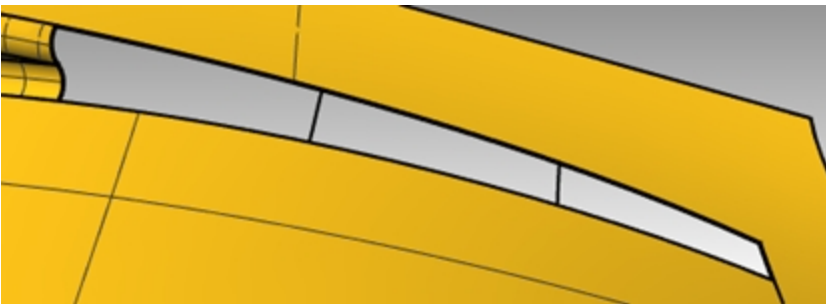
1. **Öffnen** Sie das Modell **Lufteintrittsgehäuse 006.3dm**, falls nötig.
2. **Verbinden** Sie die Ausschnittflächen und trimmen Sie unten ein Loch.

3. **Spiegeln** und **Trimmen** Sie, um das andere Gehäuse zu erhalten.

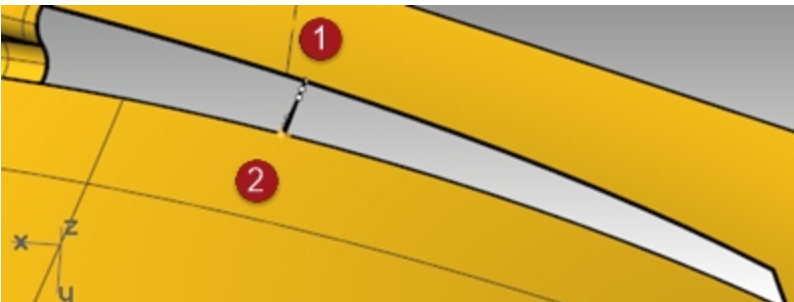


### Zusätzliche Querschnittskurven

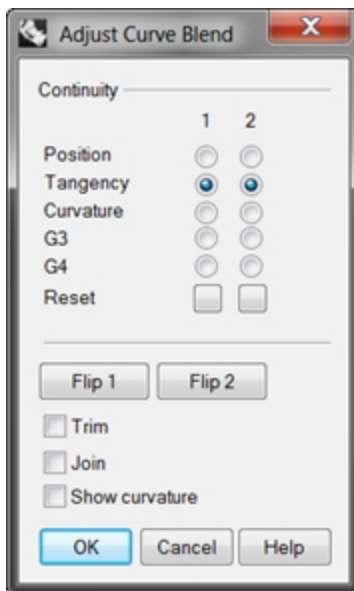
1. **Öffnen** Sie das Modell **Luft Eintrittsgehäuse 007.3dm**, falls nötig.
2. Verwenden Sie **Aufziehen2Leitkurven** oder **NetzwerkFläche**, um die Öffnungen zu schließen. Beim Schließen der größeren der beiden Öffnungen sind zusätzliche Querschnittskurven von Vorteil. Um Querschnittskurven hinzuzufügen, verwenden Sie den Befehl **Überblenden** und erstellen Sie tangentielle Kurven nach ungefähr einem Drittel und zwei Dritteln entlang der Kanten der Öffnung. Verwenden Sie diese Kurven als zusätzliche Eingabe für eine Netzwerkfläche.



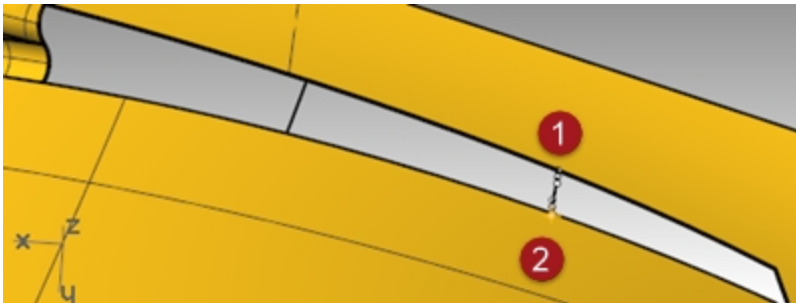
3. Starten Sie den Befehl **Überblendungskurve** (*Menü Kurve: Kurven überblenden > Anpassbare Kurvenüberblendung*).
4. Setzen Sie in der Befehlszeile die Option **Kanten**. Setzen Sie **Stetigkeit=Tangentialität**.
5. Als **Flächenkante zum Überblenden** klicken Sie auf eine der langen Kanten der rechteckigen Öffnung an einer Stelle etwa ein Drittel vom Ausgangspunkt entfernt.



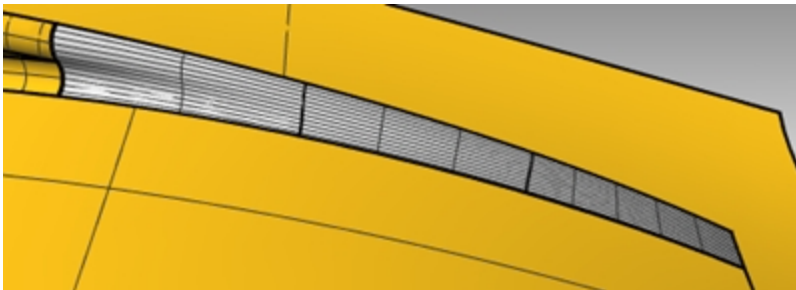
6. Als nächste **Flächenkante zum Überblenden** wählen Sie analog dazu die gegenüberliegende Kante aus. Die Überblendungskurve wird quer über der Öffnung platziert und es öffnet sich ein Dialogfenster.
7. Im Dialogfenster **Kurvenüberblendung anpassen** setzen Sie **Stetigkeit=Tangentialität** für beide Enden.



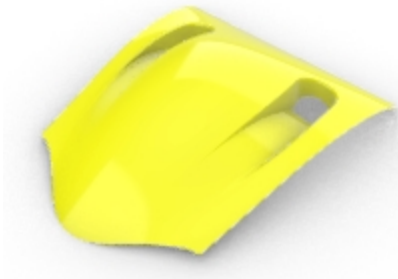
8. Erstellen Sie eine zweite Kurve genau auf die gleiche Weise ungefähr zwei Drittel entlang der gleichen Kanten.  
**Hinweis:** Wenn **Überblendungskurve** mit aktivierter **Historie** verwendet wird, kann die Kurve unter Verwendung der Befehlszeilenoption **Bearbeiten** in **Überblendungskurve** später angepasst werden.



9. Verwenden Sie den Befehl **Netzwerkfläche**, um die Fläche zu erzeugen. Stellen Sie sicher, dass Sie die neuen Kurven ebenfalls mit ausgewählt haben.



10. Verbinden Sie alle Flächen zu einem Flächenverband. Weisen Sie ein Material zu und rendern Sie.





# Kapitel 11 - Verwendung von 2D-Zeichnungen

Es ist eine weit verbreitete Aufgabe, eine bestehende 2D-Zeichnung in ein Rhino-Modell integrieren zu müssen.

In den folgenden zwei Übungen werden wir eine Grafik auf einem Modell verschieben und platzieren.

In dieser Übung werden wir eine benutzerdefinierte Konstruktionsebene erstellen, eine Illustrator-Datei importieren und ein Logo auf einigen Flächen platzieren.

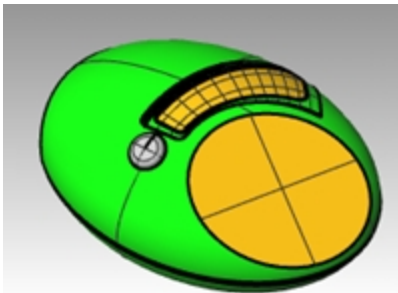
## Übung 11-1 Import einer Adobe-Illustrator-Datei

### Öffnen Sie das Modell und bereiten Sie es vor

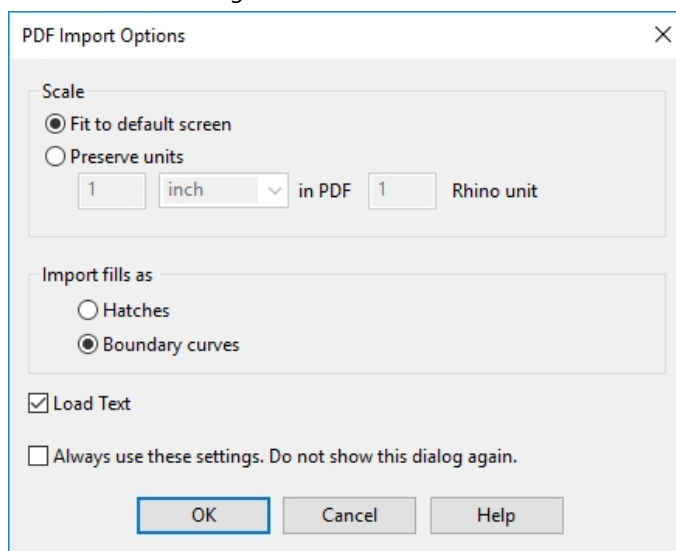
1. Öffnen Sie das Modell **Luftfilter.3dm**.
2. Stellen Sie die **Konstruktionsebenen** in den **Rhino-Optionen** im Abschnitt **Modellierhilfen** so ein, dass die **standardmäßigen Konstruktionsebenen** verwendet werden.  
Die folgenden Techniken funktionieren nicht, wenn die universalen Konstruktionsebenen verwendet werden.

### Import einer Datei

1. Starten Sie den Befehl **Importieren** (Menü *Datei: Importieren*).
2. Ändern Sie den **Dateityp** auf **Adobe Illustrator (\*.ai)** und importieren Sie die Datei **AirOne\_Logo.ai**.



3. Im Dialogfenster **AI-Importoptionen** wählen Sie "An Standardbildschirm anpassen" und klicken Sie auf **OK**. Die Kurven des Logos werden im Ursprung der Konstruktionsebene **Drauf** in der **Standardebene** eingefügt und sind automatisch ausgewählt.



4. Lassen Sie die importierte Geometrie ausgewählt und verknüpfen Sie die einzelnen Kurven mit dem Befehl **Gruppieren**.  
So wird die Auswahl der Kurven einfacher und Sie laufen nicht Gefahr, eine der Kurven aus Versehen zu vergessen.
5. Starten Sie den Befehl **Ebene**.
6. Deaktivieren Sie die Ebene **Logo** im **Ebenenpanel**.

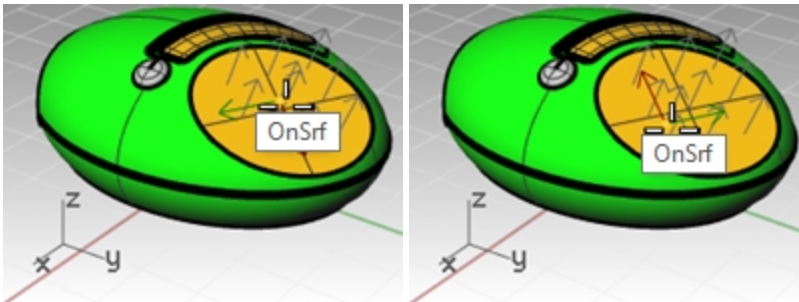
7. **Klicken Sie mit der rechten Maustaste** auf die Ebene **Logo** und wählen Sie **Objekte in Ebene kopieren**, um eine Kopie des Logos in der Ebene **Logo** zu erstellen.  
Wir werden diese Kopie später für einen anderen Teil der Übung verwenden.
8. Deaktivieren Sie alle Ebenen außer **Standard**, **Body** und **Obere Fläche**.



### Erstellen einer benutzerdefinierten Konstruktionsebene:

Wir wollen nun eine Konstruktionsebene auf der ebenen Fläche erstellen. Dies können wir mit dem Befehl **Konstruktionsebene** erreichen, wobei jedoch die X- und Y-Richtung der neuen Konstruktionsebene auf die U- und V-Richtung der Zielfläche gemappt werden. Mit dem Befehl **Richtung** können Sie sich die U- und V-Richtung auf der Fläche anzeigen lassen und verändern.

1. Stellen Sie den Anzeigemodus des Ansichtsfensters **Perspektive** auf **Schattiert**.
2. **Wählen** Sie die ebene Fläche und anschließend im Menü **Analysieren** die Option **Richtung** aus.  
Dies zeigt die Normalenrichtung der aktuellen Fläche und die U-/V-Richtung an. Die Kenntnis der U- und V-Richtung der Fläche ist stets hilfreich.



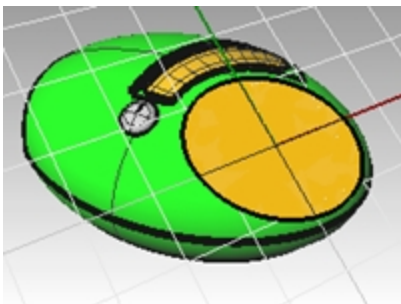
Die weißen Pfeile zeigen die Flächennormalen an. Wenn Sie mit der Maus über die ausgewählte Fläche fahren, erscheint ein Zeiger mit einem rotem und einem grünem Pfeil.

Der rote Pfeil zeigt die U-Richtung und der grüne Pfeil die V-Richtung an.

3. Achten Sie auf die verschiedenen Optionen zum Ändern der Flächenrichtungen in der Befehlszeile. So können Sie die Flächenrichtungen durch einen Klick ändern. Der Zeiger und die Flächennormalen werden entsprechend aktualisiert.

Schließen Sie die Bearbeitung mit der **Eingabetaste** ab.

Das Ziel ist die Einstellung der U- und V-Richtung wie in diesem Bild.

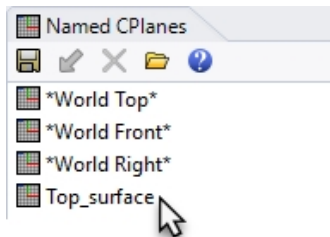


Auf diese Weise wird die neue Konstruktionsebene entsprechend gemappt und die Geometrie kann voraussagbar auf die Konstruktionsebene gemappt werden.

4. Verwenden Sie im Ansichtsfenster **Perspektive** den Befehl **Konstruktionsebene** mit der Option **Objekt** (*Menü Ansicht: KEbene definieren > An Objekt* oder *Kontextmenü des Ansichtsfensters: KEbene definieren > An Objekt*), um die Konstruktionsebene auf der Fläche zu definieren.  
Die X- und Y-Achsen liegen Ihren Einstellungen im vorherigen Schritt gemäß parallel zur U- und V-Richtung der

Fläche.

- Im Panel **Benannte Konstruktionsebenen** speichern Sie die neue Konstruktionsebene als **Obere\_Fläche**. So kann sie später leicht wiedergefunden werden.



### Mapping der Logokurven auf die neue Konstruktionsebene

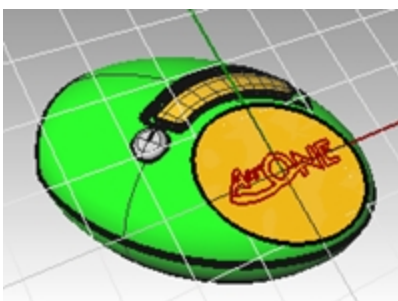
Der Befehl zur Verschiebung des Logos auf die scheibenförmige Fläche nutzt die relative Position des Objekts zu einer Konstruktionsebene.

- Machen Sie das Ansichtsfenster **Drauf** aktiv. Der Anzeigemodus des Ansichtsfensters **Drauf** sollte auf **Gitternetz** eingestellt werden.
- Klicken Sie in der **Statuszeile** auf **Historie aufnehmen**.
- Wählen Sie die Logo-Kurven im Ansichtsfenster **Drauf** aus.
- Klicken Sie im Menü **Transformieren** auf **Orientieren** und **An Konstruktionsebene ausrichten**.  
Damit wird der Befehl **AnKonstruktionsebeneAusrichten** gestartet.

Der Befehl **AnKonstruktionsebeneAusrichten** hängt in jeder Phase von den aktiven Konstruktionsebenen ab, so dass die Wahl des richtigen Ansichtsfensters äußerst wichtig ist.

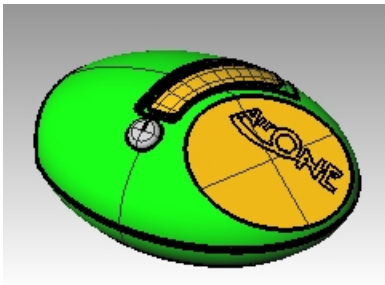


- Klicken Sie in das Ansichtsfenster **Perspektive** mit der benutzerdefinierten **Konstruktionsebene**.  
Wenn Sie es bevorzugen, können Sie die Option **Kopieren=Ja** verwenden, so dass statt des Originals eine Kopie neu gemappt wird.  
Das Logo wird auf der benutzerdefinierten Konstruktionsebene in der gleichen relativen Position platziert wie in der aktiven Ansicht.



- Drehen**, **verschieben** oder **skalieren** Sie das ursprüngliche Logo unter Verwendung von Gumball in eine neue Position. Da **Historie** verwendet wurde, aktualisieren Änderungen an den ursprünglichen (oder übergeordneten) Kurven die kopierten (oder untergeordneten) Kurven, welche neu an die benutzerdefinierte KEbene im Ansichtsfenster **Perspektive** gemappt wurden.

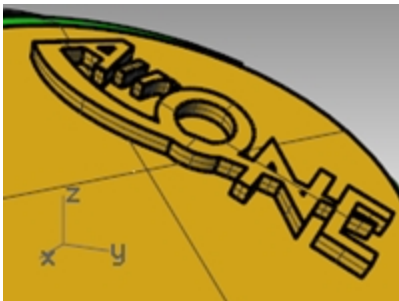
Für eine genaue Ansicht der relativen Position der Fläche und Kurven zu einer benutzerdefinierten KEbene verwenden Sie den Befehl **Plan** im Ansichtsfenster **Perspektive**. So wird die Ansicht in eine parallele Projektion gebracht und ist frontal auf die KEbene gerichtet.



### Das Logo extrudieren

Sie werden das Logo in einen Flächenverband extrudieren.

1. Machen Sie das Ansichtsfenster **Perspektive** aktiv.
2. Wählen Sie die neu gemappten Logo-Kurven aus.
3. Klicken Sie im Menü **Volumenkörper** auf **Planare Kurve extrudieren**, dann auf **Gerade**.
4. Klicken Sie im Befehl **KurveExtrudieren** zum Aktivieren der Option **BeideSeiten=Ja**.
5. Geben Sie **1 mm** ein und drücken Sie die **Eingabetaste** um die Extrusionshöhe zu definieren. Drücken Sie die **Eingabetaste** um Extrudieren zu bestätigen.



Der Text ist jetzt ein geschlossener Flächenverband. In dieser Extrusion gibt es jedoch keinen Entformungswinkel, der beim Herauslösen aus einer Form behilflich ist. Als nächstes werden Sie den Vorgang **Rückgängig** machen und erneut mit der Option Entformungswinkel extrudieren.

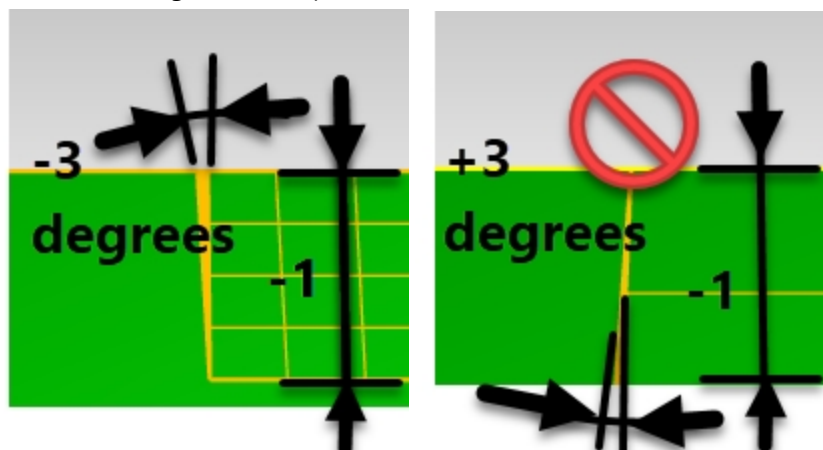
6. Klicken Sie im Menü **Bearbeiten** auf **Rückgängig**.

### Logo mit der Option Verjüngt extrudieren

In dieser Extrusion werden wir das Logo mit der Option Verjüngt extrudieren und es dann von der oberen Fläche differenzieren.

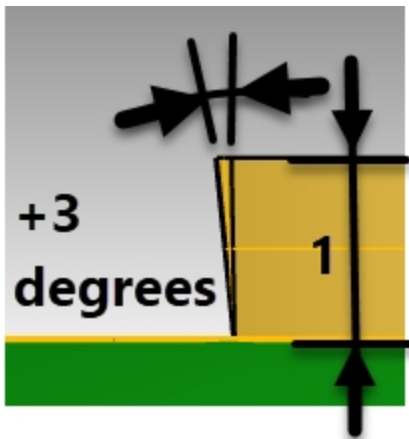
1. Machen Sie das Ansichtsfenster **Perspektive** aktiv.
2. Klicken Sie im Menü **Volumenkörper** auf **Planare Kurve extrudieren**, dann auf **Verjüngt**.
3. Klicken Sie im Befehl **KurveExtrudierenVerjüngt** auf **Entformungswinkel** und stellen Sie diesen auf **-3** Grad ein.
4. Drücken Sie die **Eingabetaste** um den Befehl abzuschließen.

Den **Entformungswinkel** auf positivte **3** Grad einzustellen würde zu falschen Ergebnissen führen.



5. Geben Sie **-1 mm** ein und drücken Sie die **Eingabetaste** um den Befehl Extrudieren abzuschließen.





**Hinweis:** Die Verwendung eines positiven Abstands und eines positiven Winkels würde Extrusionshöhe und -winkel verfälschen.

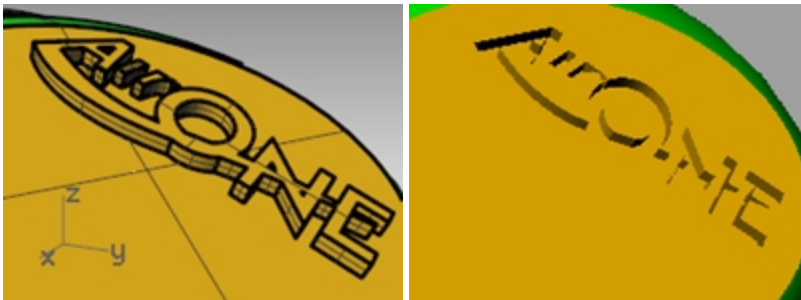
### Differenzieren des Logos von der Fläche

Sie werden den Text mit dem Befehl **BoolescheDifferenz** in die planare Fläche eingravieren. Durch die **BoolescheDifferenz** wird der solide Text von der Fläche entfernt und die Gravurschrift erzeugt. Wenn die boolesche Operation vollständig ausgeführt ist, vergewissern Sie sich dass aufgrund dessen keine Öffnungen oder offenen Kanten eingeführt wurden.

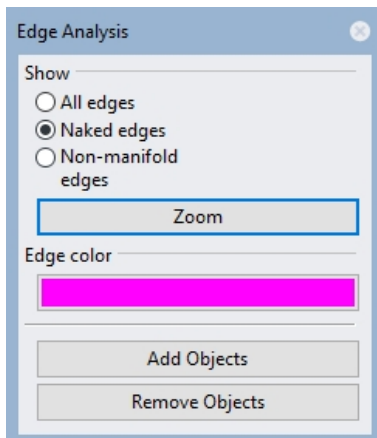
1. Wählen Sie die obere Fläche aus.
2. Klicken Sie im Menü **Volumenkörper** auf **Differenz**.

Wählen Sie das ganze extrudierte Logo aus und setzen Sie **Eingabelöschen** auf **Ja**.

3. Drücken Sie die **Eingabetaste** um den Befehl **Differenz** abzuschließen.  
Hinweis: Wenn die Differenz fehlschlägt, verschieben Sie den extrudierten Text leicht über die Fläche und versuchen Sie erneut, die BoolescheDifferenz anzuwenden.



4. Wählen Sie die obere Fläche aus.
5. Im Menü **Analysieren** wählen Sie **Kantenwerkzeuge** und **Kanten anzeigen**.
6. Wählen Sie **Offene Kanten** anzeigen.



Eine erfolgreiche Boolesche Differenz sollte 1 Offene Kante um den Flächenumfang herum ergeben, und keine offenen Kanten im Inneren.

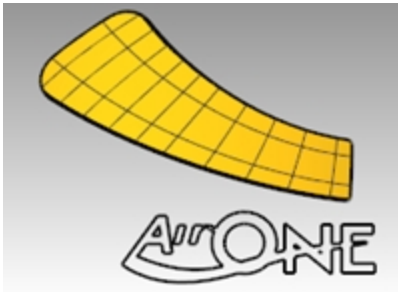
## Verschieben des Logos auf eine Freiformfläche mit Historie

In diesem Teil der Übung platzieren Sie die Logo-Geometrie, indem Sie sie entlang der Ausschnittfläche verschieben. Da diese Fläche nicht flach ist, werden Sie das Transformationswerkzeug *Einer Fläche entlang verschieben* verwenden, um das Logo zu verschieben und entlang der Fläche zu biegen. Einer Fläche entlang verschieben verformt Objekte von einer Ursprungsfläche auf eine Zielfläche. Dabei wird die U- und V-Richtung der Flächen zur Bestimmung des Gleitens verwendet. Es ist wichtig, dass die Ausgangs- und Zielfläche dieselbe relative UV-Richtung aufweist, damit das Verschieben gelingt.

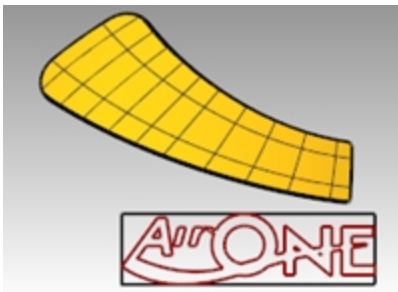
Indem Sie vor dem Verschieben entlang der Fläche die Verlaufsaufzeichnung aktivieren, können Sie die Eingabe ändern und somit schnell das Ergebnis beeinflussen. Das Logo wird auf der Logo-Ebene platziert. In diesem Teil der Übung arbeiten Sie nur mit dem Logo und der Fläche, indem Sie alle anderen Ebenen deaktivieren.

### Erstellung der Grundfläche

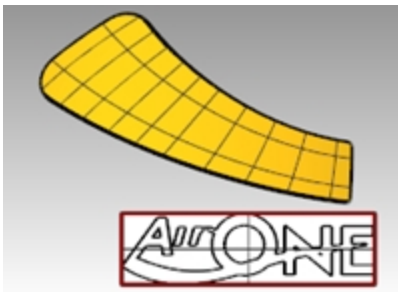
1. Starten Sie den Befehl **Ebene** und machen Sie aus der Ebene **Ausschnitt** die aktuelle Ebene.
2. Deaktivieren Sie alle Ebenen außer **Ausschnitt** und **Logo**.



3. Verwenden Sie den Befehl **Begrenzungsrechteck** (*Menü Analysieren: Begrenzungsrechteck*), um ein Rechteck um das Logo zu erstellen.



4. Verwenden Sie den Befehl **Planarfläche** (*Menü Fläche: Planare Kurven*), um eine Fläche aus dem Begrenzungsrechteck zu erstellen.



### Verschieben der Logokurven auf die Ausschnittfläche

1. Aktivieren Sie in der **Statuszeile** die Option **Historie aufnehmen**. Sie wird dann fettgedruckt erscheinen.
2. Verwenden Sie den Befehl **EntlangFlächeVerschieben** (*Menü Transformieren: Einer Fläche entlang verschieben*), um das Logo auf die Ausschnittfläche zu verschieben. Wählen Sie die weiße Fläche auf der Basisfläche aus. Beachten Sie, dass die Kurve nicht an die Fläche angepasst ist.



3. **Aktivieren Sie die Kontrollpunkte** auf der Grundfläche und verschieben Sie sie, um die Fläche in alle Richtungen etwas größer zu machen.

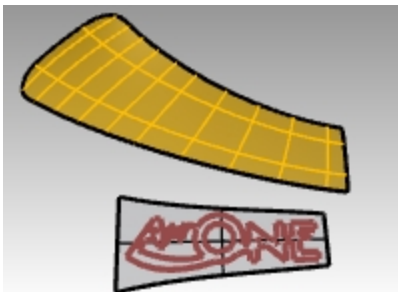
Da Historie aktiviert war, als die Kurve verschoben wurde, ändert jegliche Anpassung der Grundfläche die Art, wie die Kurve auf der Ausschnittfläche angepasst wird.



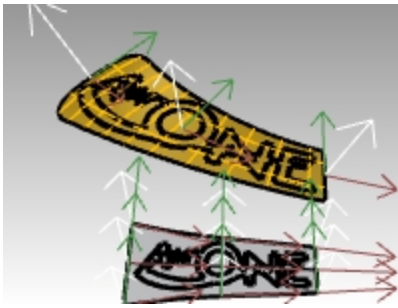
4. Verwenden Sie den Befehl **GradÄndern** (*Menü Bearbeiten: Grad ändern*) um die Grundfläche sowohl in der **U** als auch in der **V-Richtung** auf **Grad 3** zu ändern.
5. Passen Sie die Kontrollpunkte weiter an, damit die Kurve besser auf die Ausschnittfläche passt.



6. Löschen Sie die zuvor mit **EntlangFlächeVerschieben** erzeugten Kurven.



7. Verwenden Sie den Befehl **Richtung**, um die U- und V-Richtung der Ausschnittfläche zu überprüfen.
8. Verwenden Sie den Befehl **Richtung**, um die U- und V-Richtung der Grundfläche an die Richtung der Ausschnittfläche anzupassen.

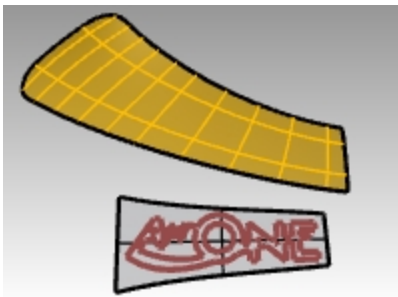


### Herausheben der Logobuchstaben und Verschieben auf die Ausschnittfläche

Als nächstes werden Sie das solide Logo auf die Ausschnittfläche verschieben.

1. Verwenden Sie den Befehl **KurveExtrudieren** (*Volumenkörper -> Planare Kurve extrudieren -> Gerade*) mit der Option **BeideSeiten** und **Volumenkörper=Ja** um die 3D-Text-Volumenkörper aus den Originalkurven zu erstellen.

Der Abstand der Extrusion sollte 1 mm betragen.



2. Klicken Sie im Menü Transformieren auf **Einer Fläche entlang verschieben**.

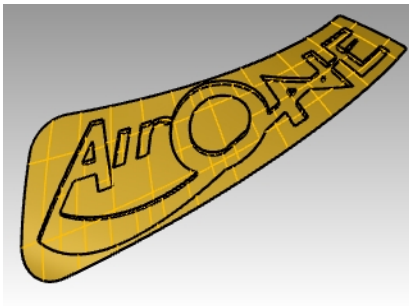
Historie wird hier nicht benötigt, da alle nötigen Anpassungen schon vorher an der Grundfläche vorgenommen wurden.



3. Verwenden Sie den Befehl **BoolescheVereinigung**, um das Logo mit der Ausschnittfläche zu verbinden.



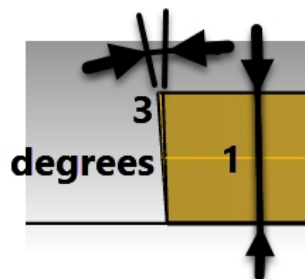
4. Im Menü **Bearbeiten** wählen Sie **Rückgängig**.
5. Als nächstes verwenden Sie den Befehl **BoolescheDifferenz** um das Logo zu differenzieren oder es in die Ausschnittfläche einzugravieren.



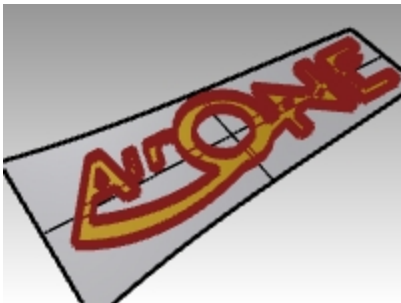
### Das verjüngte Logo verschieben

Diesmal werden Sie stattdessen die Kurven verschieben. Sie werden die Ebene deaktivieren, die das letzte **EntlangFlächeVerschieben** enthält.

1. Aktivieren Sie die Ebene **Ausschnitt\_02** und stellen Sie sie als aktuell ein.
2. Deaktivieren Sie die Ebene **Ausschnitt**.
3. Klicken Sie im Menü **Volumenkörper** auf **Planare Kurve extrudieren**, dann auf **Verjüngt**.
4. Setzen Sie den Abstand auf **1 mm** und den Entformungswinkel auf **3 Grad**. Drücken Sie die **Eingabetaste** um zu extrudieren.



5. Gruppieren Sie alle soliden Logo-Buchstaben zur Auswahlserleichterung.



6. Verwenden Sie den Befehl **EntlangFlächeVerschieben**, um das solide Logo auf die Ausschnittfläche zu verschieben.

Verwenden Sie die neue Grundfläche und klicken Sie auf **NormaleBeschränken=Nein**.



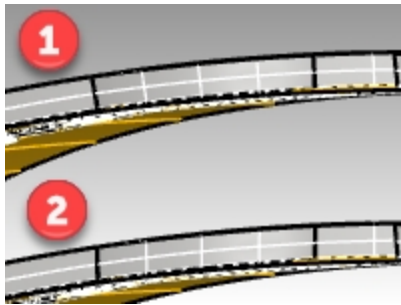
Das Ergebnis, also der verschobene Text, sollte genau mit den zuvor verschobenen Kurven übereinstimmen. Beachten Sie auch dass die geprägten Buchstaben an einigen Stellen nach außen verjüngt sein können. Damit wäre es unmöglich, die Fläche von einer Form abzuziehen, selbst wenn Sie sich die Mühe machen würden, die extrudierten Buchstaben zu verjüngen.

Um dies zu beheben, machen Sie den Vorgang **Rückgängig** und verschieben Sie erneut, stellen nächstes Mal aber

**NormaleBeschränken=Ja** ein.

7. Im Menü **Bearbeiten** wählen Sie **Rückgängig**.
8. Verwenden Sie den Befehl **EntlangFlächeVerschieben** erneut, um das solide Logo auf die Ausschnittfläche zu verschieben.

Verwenden Sie die neue Grundfläche und wählen Sie **NormaleBeschränken=Ja**.



**1) NormaleBeschränken=Nein**

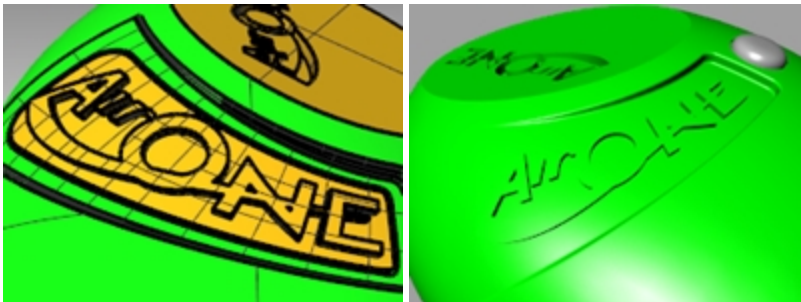
Das Ergebnis, also der verschobene Text, stimmt genau mit den zuvor verschobenen Kurven überein. An einigen Stellen können nach außen verjüngte Buchstaben auftreten.

**2) NormaleBeschränken=Ja.**

Der Verschiebungsvorgang mappt hier von der flachen Version zur Zielfläche, ohne zu den Normalenrichtungen der Zielfläche zu mappen.

Die vertikale Grundrichtung wird beibehalten.

9. Verwenden Sie den Befehl **BoolescheVereinigung**, um das verjüngte Logo mit der Ausschnittfläche zu verbinden.



## Erzeugung eines Modells aus einer 2D-Zeichnung

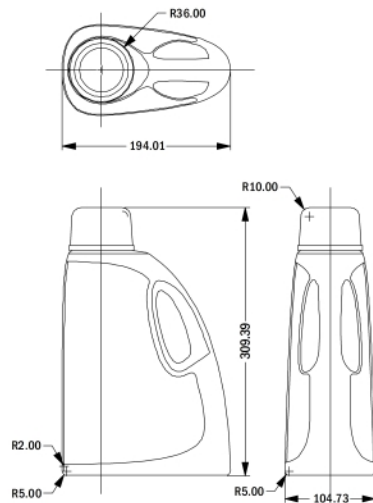
Eine der schwierigsten Modellierungsaufgaben ist die Übersetzung von 2D-Ansichten in ein 3D-Modell. Oft sind Zeichnungen in einigen Bereichen sehr genau, während sie in anderen Bereichen, in denen komplexe Flächenübergänge in drei Dimensionen stattfinden müssen, sehr ungenau sind.

Am besten bespricht man kritische Stellen direkt mit dem Designer, sofern dies möglich ist. Oft bestehen Unstimmigkeiten zwischen den Ansichten.

Wenn kein physisches Modell als Referenz vorhanden ist, müssen einige Entscheidungen darüber, wie der Entwurf oder die Steuerung Zeichnung am besten interpretiert wird, im Verlauf der Arbeit getroffen werden. Sie werden z. B. entscheiden müssen, welche die genaueste Ansicht für eine gegebene Eigenschaft ist.

In der folgenden Übung werden wir einige Strategien zur Erzeugung einer Plastikflasche aus 2D-Zeichnungen untersuchen. Wir verfügen dazu über eine Kontrollzeichnung, die drei Ansichten der Flasche zeigt. Obwohl Sie nur grob bemaßt ist, müssen wir den vorgegebenen Kurven möglichst genau folgen.

Aus Zeitgründen werden wir dabei im Kurs nur die erste Phase dieses Modells abschließen. Wir werden die Flächen der Flasche erstellen, lassen aber einige Details aus. Sie finden eine fertige Flasche im Ordner der Modelle.



Kontrollzeichnung

## Übung 11-2 Erzeugung der Reinigungsmittelflasche

### Gruppierung der Teile

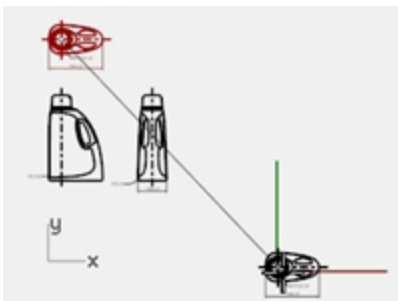
1. **Öffnen** Sie das Modell **Reinigungsmittelflasche.3dm**.
2. Wählen Sie im Ansichtsfenster **Drauf** die Objekte der **Draufsicht** (unten links) inklusive der Bemaßungen der 2D-Zeichnung aus.
3. Verwenden Sie den Befehl **Gruppieren**, um die ausgewählten Objekte zu gruppieren (*Menü Bearbeiten: Gruppen > Gruppieren*).
4. Wiederholen Sie die vorherigen Schritte, um die Objekte für die **Frontansicht** (oben links) und die **rechte Ansicht** (oben rechts) zu gruppieren.

Jede Ansicht bildet nun eine getrennte Gruppe von Objekten.



### Orientierung der Draufsicht

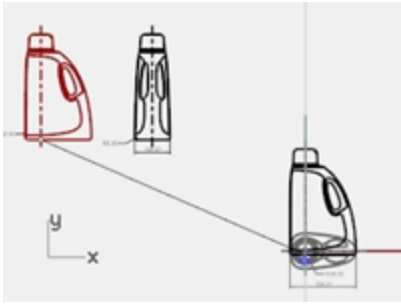
1. **Wählen** Sie die Gruppe der **Draufsicht** aus.
2. Verwenden Sie den Befehl **EbeneÄndern** (*Menü Bearbeiten: Ebenen > Objektebene ändern*), um die Ebene auf **2D-Vorlage Drauf** zu ändern.
3. Verwenden Sie im Ansichtsfenster **Drauf** den Befehl **Verschieben**, um die Mitte der Kreise auf **0,0** zu verschieben.



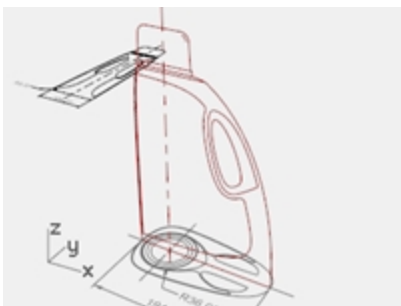
### Orientierung der Frontansicht

1. **Wählen** Sie die Gruppe der **Frontansicht** aus.

2. Verwenden Sie den Befehl **EbeneÄndern**, um zur Ebene **2D-Vorlage Front** zu wechseln.
3. Verwenden Sie den Befehl **Verschieben** in der **Draufsicht**, um den Schnittpunkt der Mittellinie und der horizontalen Linie unten auf **0,0** zu verschieben.

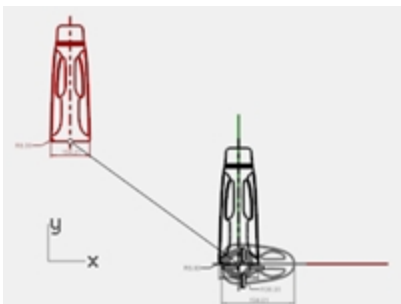


4. Führen Sie mit ausgewählter **Frontansicht**-Gruppe in der Draufsicht den Befehl **AnKonstruktionsebeneAusrichten** (*Menü Transformieren: Orientieren > An Konstruktionsebene ausrichten*) aus.
5. Klicken Sie in das Ansichtsfenster **Front**. Die Ansicht wird im 3D-Raum ausgerichtet.

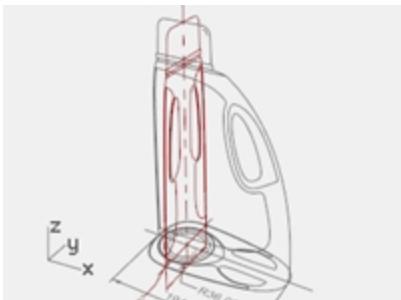


### Orientierung der rechten Ansicht

1. Wählen Sie im Ansichtsfenster **Drauf** oder **Perspektive** die Gruppe der **rechten** Ansicht aus.
2. Verwenden Sie den Befehl **EbeneÄndern**, um zur Ebene **3D-Vorlage Rechts** zu wechseln.
3. Verwenden Sie den Befehl **Verschieben** in der **Draufsicht**, um den Schnittpunkt der Mittellinie und der horizontalen Linie unten auf **0,0** zu verschieben.



4. Verwenden Sie den Befehl **AnKonstruktionsebeneAusrichten**, um die Kurven der **rechten** Ansicht an die Konstruktionsebene **Rechts** zu mappen. Die Ansicht wird im 3D-Raum ausgerichtet.



Oft werden 2D-Kurven für Kontrollzeichnungen nicht so sorgfältig erstellt, wie für eine genaue Geometrie nötig



wäre. Bevor Sie nun 3D-Geometrie aus 2D-Kurven erzeugen, überprüfen Sie zuerst die Kurven und korrigieren Sie alle Fehler, die Sie vorfinden.

### Erzeugung der 3D-Kurven

Der innere Teil der Flasche wird später in die Fläche eingeschnitten. Im Moment erstellen wir nur die äußeren Flächen. Die Kurvenverrundungen oben und unten können bei der Anfangsfläche ausgelassen und später als separate Operation eingefügt werden. Vor der Erzeugung der Flächen müssen zunächst die Randkurven verlängert oder neu gezeichnet werden, um so die Verrundungen zu umgehen und auf harte Kanten zu treffen.

Zur Erzeugung der Anfangsflächen können verschiedene Flächenwerkzeuge verwendet werden: Naheliegende Optionen sind das **Aufziehen an zwei Leitkurven** oder die Erstellung einer **Fläche aus einem Netzwerk von Kurven**.

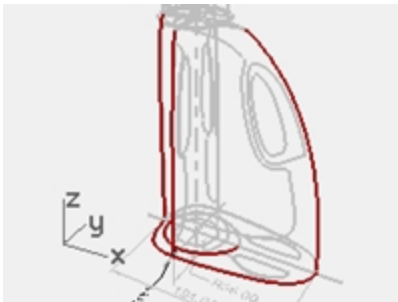
Netzwerkflächen beachten nur die Form, nicht aber die Kurvenstruktur. Alle Kurven werden neu angepasst und die erhaltene Fläche verfügt über eine eigene Punktstruktur.

Andere Befehle einschließlich der Werkzeuge zum Aufziehen, Loften und Randflächen schenken der Kurvenstruktur in mindestens einer Richtung Beachtung. In diesen Fällen lohnt es sich, angepasste Kurven als Querschnittskurven zu verwenden. So bestimmt die Wahl der Flächenwerkzeuge die Art, in der die tatsächlichen Eingabekurven erzeugt werden.

1. **Wählen** Sie die im vorherigen Schritt erzeugten Gruppen aus und verwenden Sie den Befehl **GruppeAuflösen** (*Menü Bearbeiten: Gruppen > Gruppe auflösen*), um die Gruppen aufzulösen.
2. **Wählen** Sie die Kurven aller 2D-Vorlagenansichten der äußeren Fläche aus und **kopieren** Sie sie auf die Ebene **3D-Kurven**.

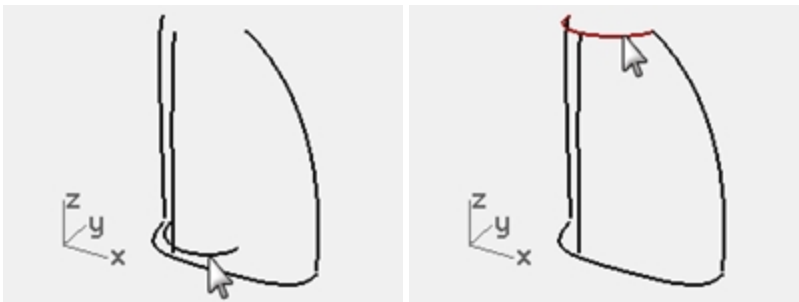
Da die Flasche auf beiden Seiten der X-Achse symmetrisch ist, müssen Sie die Kurven nur auf einer Seite kopieren. Sie werden später gespiegelt.

3. Verwenden Sie den Befehl **EineEbeneEin** (*Menü Bearbeiten: Ebenen > Eine Ebene ein*), um die Ebene **3D-Kurven** zu aktivieren.



4. **Verschieben** Sie die Kurve, die die obere Fläche der Flasche definiert, auf die gleiche Höhe wie die oberen vertikalen Kurven.

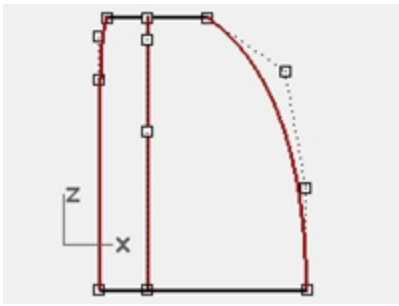
Verwenden Sie **PunktDefinieren** oder **Verschieben** mit der Option **Vertikal** im Ansichtsfenster Perspektive.



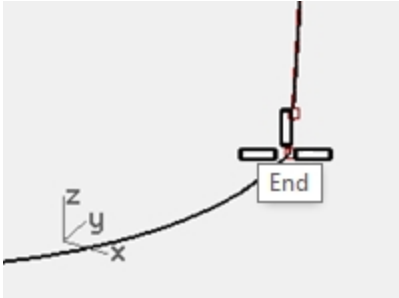
5. Die vertikalen Kurven können nun über die Verrundungskurven hinaus verlängert werden, so dass sie die oberen und unteren Kurven genau an den Endpunkten dieser Kurven treffen.

Eine Möglichkeit ist die **Verlängerung** der vertikalen Kurven unter Angabe der Option **Typ=WeicherÜbergang**. Fangen Sie die **End-** oder **Quad-**Punkte der oberen Kurve und der Basiskurve unten.

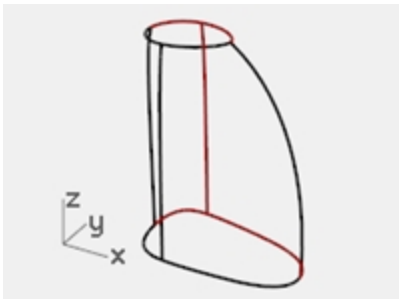
Diese Art der Kurvenverlängerung macht die Kurven komplexer. Wenn es wichtig ist, dass die Kurven einfach und gut angepasst bleiben, sollten Sie die Punkte zur Verlängerung auf den bestehenden Kurven anzupassen.



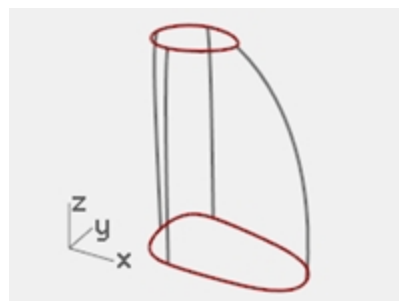
6. Machen Sie den **Verlängern**-Vorgang **rückgängig**. Dann bearbeiten Sie die Kurven direkt mittels Kontrollpunkte. Sie können einen duplizierten Kurvensatz erstellen und je eine bearbeiten, wobei Sie das Original als Vorlage am Ort behalten.



7. **Spiegeln** Sie die von der **rechten** Ansicht aus sichtbare untere, obere und seitliche Kurve auf die andere Seite. Das Resultat sollte ein Satz von acht Kurven sein, die die Fläche definieren. Bei den meisten dieser Kurven handelt es sich im Wesentlichen um die Originalkurven aus den 2D-Zeichnungen, die in 3D angeordnet sind.



8. **Verbinden** Sie die unteren und oberen Kurven zu einer geschlossenen Schlaufe. Die Kurven werden aus einem Kurvennetzwerk oder Aufzug mit zwei Leitkurven für eine Fläche konfiguriert.

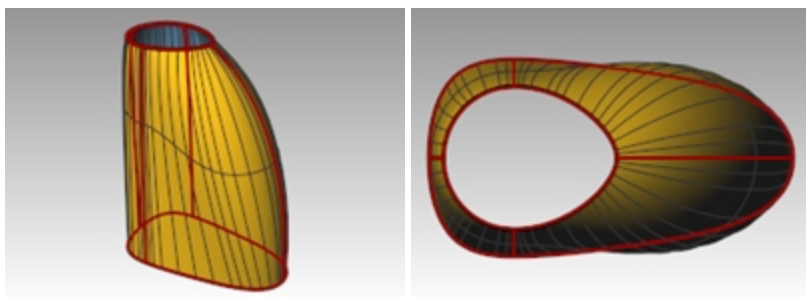


### Aufziehen einer Fläche für die Flasche

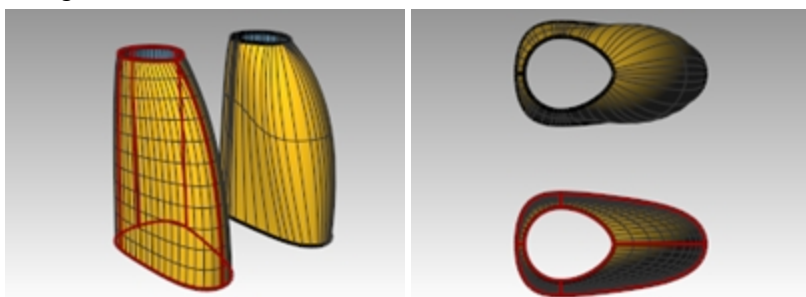
In der Zeichnung sind das die einzigen Kurven, die zur Definition der Form zur Verfügung stehen. Deshalb werden wir diese Kurven direkt zur Flächenerzeugung verwenden.

1. Legen Sie **Flächen** als aktuelle Ebene fest.
2. Treffen Sie eine **Fensterauswahl** der Kurven und versuchen Sie zuerst **Aufziehen2Leitkurven** um eine Fläche zu erstellen, dann **schattieren** Sie das Ansichtsfenster.

Beachten Sie, wie die Form an der gerundeten Flaschenseite außer Kontrolle gerät.



3. **Verschieben** Sie diese Fläche im Moment auf die Seite.  
Es ist möglich, Kurven neu zu arrangieren oder hinzuzufügen, damit **Aufziehen2Leitkurven** besser funktioniert. Es lohnt sich jedoch zu überprüfen, wie eine Fläche aus einem **Netzwerk von Kurven** mit dem gleichen Satz von Kurven funktioniert.
4. **Wählen** Sie erneut alle Kurven aus und verwenden Sie dann den Befehl **NetzwerkFläche**, um die Fläche zu erzeugen.



*Offensichtlich ist der Befehl NetzwerkFläche für diesen Kurvensatz weitaus besser geeignet.*

### Hausaufgabe

- Erzeugen Sie die innere Fläche und den Griff.
- Verrunden Sie die Kanten an den in der 2D-Zeichnung angezeigten Stellen.
- Modellieren der Windungen und des Verschlusses

Im Ordner Modelle finden Sie zur Ansicht das abgeschlossene Modell **Fertige Reinigungsmittelflasche.3dm**.





# Kapitel 12 - Flächenanalyse

Rhino verfügt über verschiedene Werkzeuge zur visuellen Analyse von Flächengeometrie. In dieser Übung werden wir Kurven- und Flächenanalysewerkzeuge bei der Erzeugung sauberer und einfacher Flächen mit fehlerfreier Stetigkeit zur Hilfe nehmen.

Manche Modelle erfordern eine besondere Kontrolle der Stetigkeit, wenn diese beim hergestellten Produkt sichtbar wird. Bei einer blasgeformten Flasche beispielsweise sind kleinere Unebenheiten weniger sichtbar als bei einem Armaturenbrett.

Die Datei **Flächenanalyse.3dm** hat einen Kurvensatz, den Sie bereits aus der vorherigen Übung kennen. In der folgenden Übung möchten wir Kurven erzeugen, aus denen sauberere und einfachere Flächen mit fehlerfreier Stetigkeit erstellt werden können. Unter Verwendung der **KrümmungsAnzeige**, der **Lichtlinien** und der **KrümmungsAnalyse** stellen wir dabei sicher, die besten Resultate zu erhalten. Zuletzt vergleichen wir die Flächenanalyseergebnisse mit denen der vorhergehenden Übung.

## Übung 12-1 Flächenanalyse

### Auswertung der Kurven

Als erstes sehen wir uns die Krümmungsanzeige der oberen und unteren Kurve an. Diese Kurven verfügen bereits über eine sehr schöne Form, wobei jedoch aus Sicht der Flächenstetigkeit immer noch Raum für Verbesserungen ist.

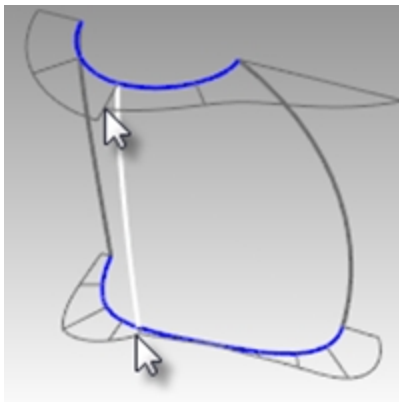
### Öffnen Sie das Modell

1. Öffnen Sie die Datei **Flächenanalyse.3dm**.
2. **Wählen** Sie die obere und die untere Kurve aus.
3. Starten Sie den Befehl **KrümmungsAnzeige** (*Menü Analysieren: Kurve > Krümmungsanzeige ein*) und setzen Sie den Wert für **Skalierung anzeigen** auf **120**.

Die Krümmungsanzeige zeigt uns, dass die Kurven tangential sind, aber an einigen Stellen über Unstetigkeiten verfügen.

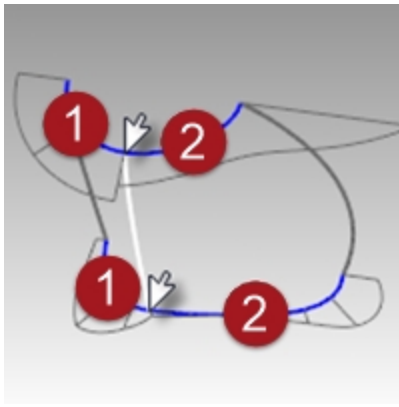
Nun möchten wir aber, dass die aus diesen Kurven erzeugten Flächen überall über Krümmungsstetigkeit verfügen, sodass wir die Kurven etwas anpassen müssen.

Wenn wir bereits im Vorfeld entscheiden, wie unsere Flächen später aussehen sollen, verstehen wir auch besser, wie wir die neuen, sauberen Kurven zeichnen müssen.



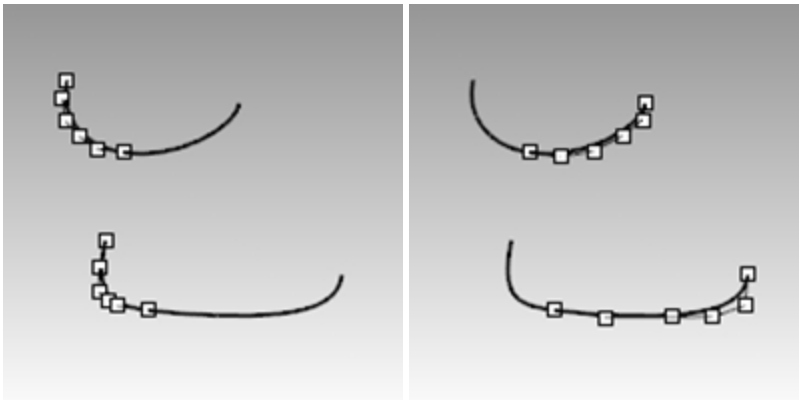
Es ist beim Modellieren immer ratsam, einzelne Flächen mit durchgehender Krümmung zu verwenden. Bei der unteren Kurve gibt es zwei Bereiche, die sich für die Erstellung der Flächen anbieten, weswegen wir auch hier anfangen. Es gibt einen Bereich mit sehr starker Krümmung an der Vorderseite (1) und einen relativ flachen Abschnitt im Mittelteil mit einer rasch ansteigenden Krümmung im Bereich des Griffs (2). Die obere Kurve ist im Allgemeinen sanfter, weist aber ähnliche Krümmungsabschnitte auf.

Durch die Analyse der aktuellen Kurven fällt es uns leichter, die beiden Kurven für oben und unten zu erstellen. Die vertikale weiße Kurve schneidet die obere Kurve (ein modifizierter Kreis) an der Unstetigkeitsstelle und die untere Kurve an der abrupten Krümmungsänderung. An dieser Schnittstelle soll nun der Start- und Endpunkt unserer modifizierten Kurven sein.

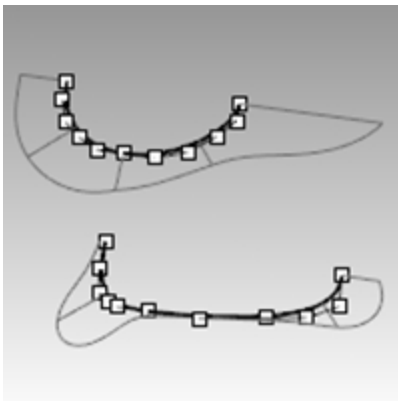


### Erzeugung der modifizierten Kurven

1. Verwenden Sie die aktuellen Kurven als Referenz und zeichnen Sie vier neue Kurven 5. Grades mit jeweils 6 Punkten.  
Das Ziel ist die Neuzeichnung der oberen und unteren Kurve in je zwei Teilen.  
Behalten Sie dabei im Hinterkopf, was Sie über Stetigkeit, KrümmungsAnzeige, Tangentenrichtung und EndAusbuchtung wissen.  
Versuchen Sie, die Positionen der Kontrollpunkte eben und fortschreitend zu gestalten.



2. Analysieren Sie Ihre Kurven mit dem Befehl **KrümmungsAnzeige**.  
Bereinigen Sie die Anzeige mit minimalen, abrupten Änderungen und versuchen Sie dabei, die Form der Originalkurve so genau wie möglich zu treffen.  
Natürlich können die neuen Kurven nicht die exakt selbe Form wie die alten Kurven haben, wenn sie über eine bessere Stetigkeit verfügen sollen, aber sie sollten den Originalkurven schon sehr nahe kommen.

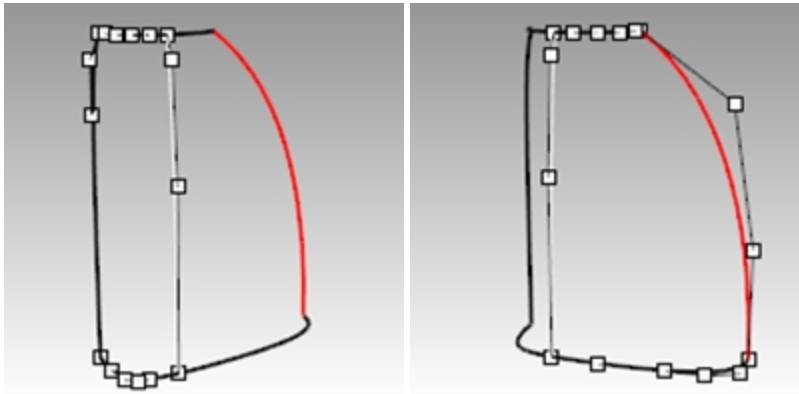


### Erzeugung der Flächen für die Flasche aus Randkurven

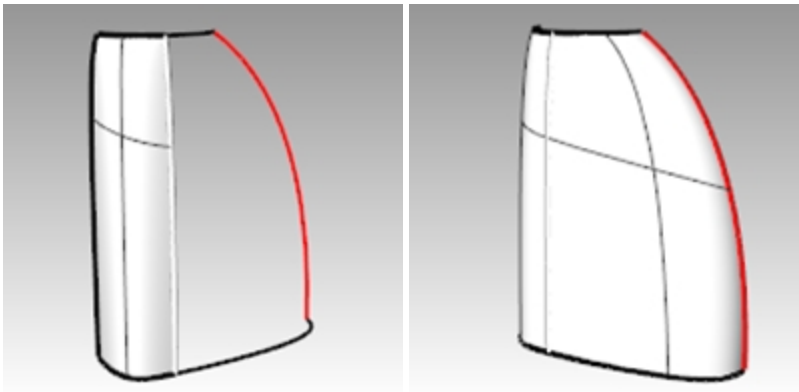
Jeder Bereich der Flächen wird durch vier knotenfreie Kurven definiert. In diesem Teil der Übung verwenden wir zur Erzeugung der Flächen den Befehl **FlächeAusKanten** (Menü Fläche: Randkurven) zum Erzeugen der Flächen

verwenden. Dieser Befehl nutzt die Struktur der Eingabekurve zur Erzeugung der Fläche. Am besten funktioniert es, wenn die Kurven auf den gegenüberliegenden Seiten des Rechtecks zusammenpassen. Die erhaltene Fläche wird einfacher sein.

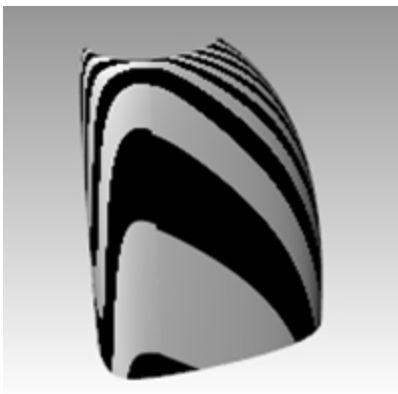
Damit sind nun die vertikalen Kurven 3. Grades und haben 4 Punkte, während die neu erstellten Kurven 5. Grades sind und 6 Punkte haben. Die erhaltenen Flächen teilen dabei diese Struktur.



1. **Wählen** Sie vier der Kurven aus, die eine der Flächen definieren.
2. Starten Sie den Befehl **FlächeAusKanten** (*Menü Fläche: Randkurven*).
3. Wiederholen Sie die Schritte 1 und 2 für die andere Fläche.



4. Überprüfen Sie die Flächen mit dem Befehl **Lichtlinien**.  
Die Lichtlinien sind schön flüssig, wobei die Flächen an der vertikalen Kante eindeutig nicht tangential sind.



## Anpassung der Flächen für die Flasche mit FlächeAnpassen

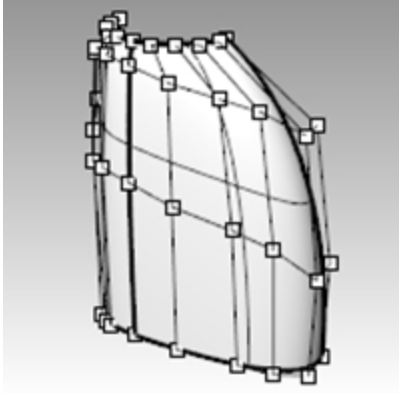
1. Verwenden Sie den Befehl **FlächeAnpassen** (*Menü Fläche: Bearbeitungswerkzeuge für Flächen > Anpassen*), um die Flächen mit **Krümmungsstetigkeit** anzupassen.

Versuchen Sie die Anpassung in beide Richtungen und mit oder ohne Aktivierung der Option

### Durchschnittsflächen.

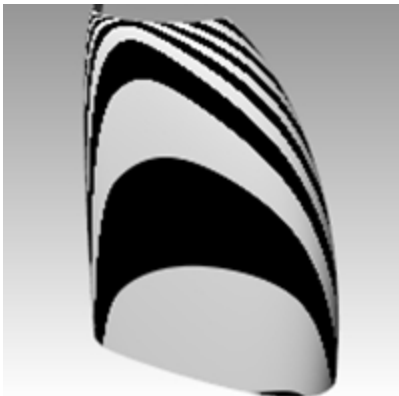
Obwohl die Resultate hier unabhängig von der Art der Anpassung gut sein werden, lohnt sich nach Ausführung jeder Option ein Blick auf die Flächenkontrollpunkte.

Die Anpassung der größeren Fläche an die kleinere ohne **Durchschnittsflächen** führt zu einer fehlerhafteren Kontrollpunktanordnung (insbesondere in der zweiten Reihe von oben) auf der größeren Fläche als jede andere Kombination. Wenn alle anderen Aspekte gleich sind, ist die beste Option die Fläche mit der regulärsten Kontrollpunktanordnung.



2. Überprüfen Sie die Flächen mit dem Befehl **Lichtlinien**.

Die Lichtlinien verlaufen nun gleichmäßig und weisen an der gemeinsamen Kante keine Unstetigkeit auf.



## Anpassung der Flaschenflächen mit Symmetrie

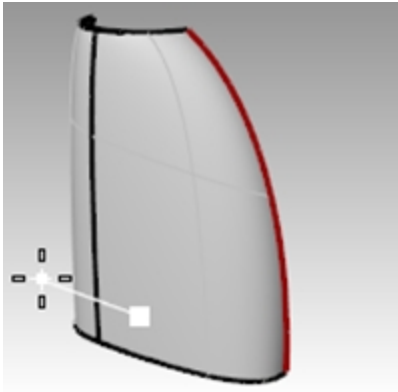
Im nächsten Abschnitt erstellen wir die andere Hälfte der Flasche mit dem Befehl **Symmetrie** unter Aktivierung der **Historie**. Symmetrie spiegelt Kurven und Flächen, macht die gespiegelte Hälfte tangential zum Original, und wenn die Historienaufnahme aktiviert ist, wird die gespiegelte Hälfte aktualisiert und an das Original angepasst.

1. **Wählen** Sie die größere Fläche aus.
2. Verwenden Sie den Befehl **Symmetrie** (*Menü Transformieren: Symmetrie*), um die Fläche an der X-Achse zu spiegeln.
3. Aktivieren Sie **Historie aufnehmen**.
4. Wählen Sie als **Kurvenende oder Flächenkante** die Kante der Fläche (1) aus.

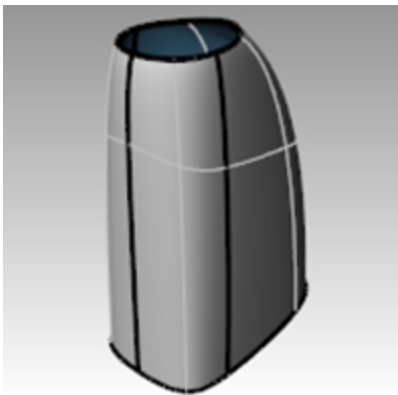




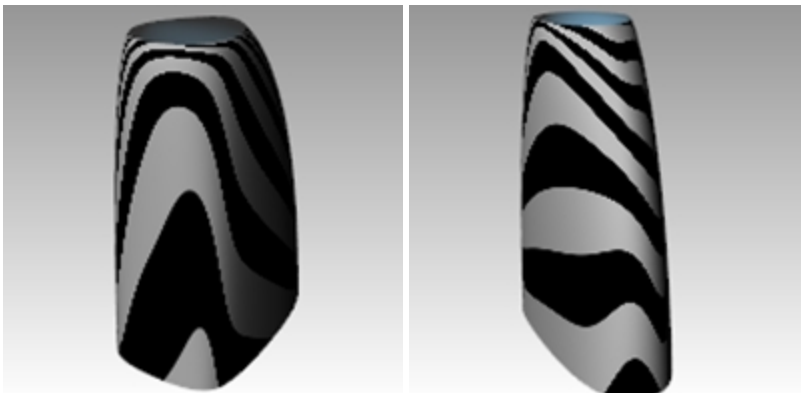
5. Geben Sie als **Anfang der Spiegelebene** den Wert **0** ein und drücken Sie die **Eingabetaste**.
6. Verwenden Sie **Ortho** zur Auswahl des **Endes der Spiegelebene** und wählen Sie einen Punkt auf der X-Achse aus.



7. Wiederholen Sie diesen Vorgang für die andere Fläche.  
Wenn Sie nun eine der Originalflächen verändern, wird auch der gespiegelte Teil aktualisiert.



8. Überprüfen Sie die Flächen mit dem Befehl **Lichtlinien**.  
Die Lichtlinien verlaufen nun gleichmäßig und weisen an der gemeinsamen Kante keine Unstetigkeit auf.



## Analyse der angepassten Flächen

Wir werden nun die Werkzeuge zur **Krümmungsanalyse** verwenden, um die angepassten Flächen zu untersuchen. Dies kann zum Auffinden von extremen Krümmungsbereichen hilfreich sein, wobei aber eventuell weniger offensichtliche Änderungen in der Anzeige ignoriert werden. In jedem Fall sollte die Anzeige auf jeder dieser einfachen Flächen sehr glatt und sauber sein.

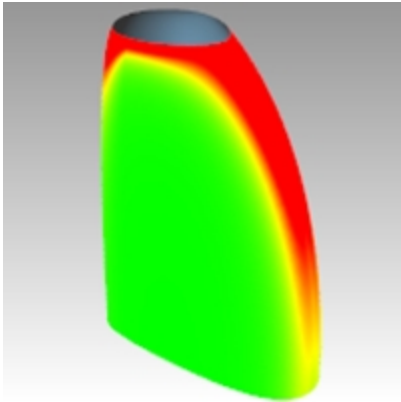
1. **Verbergen** Sie alle Kurven, um eine gute Ansicht der Übergänge zwischen den Flächen zu erhalten.
2. **Wählen** Sie alle Flächen aus und aktivieren Sie die Anzeige **Krümmungsanalyse** (*Menü Analysieren: Fläche > Krümmungsanalyse*).

Setzen Sie den Stil auf **Gaußsche** und klicken Sie auf **Automatisches Intervall**. Vergewissern Sie sich, dass Sie über ein feines Analysenetz für eine gute visuelle Auswertung verfügen.

3. Wechseln Sie zwischen **Automatisches Intervall** und **Max. Intervall** hin und zurück.

**Automatisches Intervall** versucht ein Farbintervall zu finden, das Krümmungsextreme ignoriert, während **Max. Intervall** die maximale Krümmung rot und die minimale Krümmung blau mappt.

Die Zahlen sind für die **Krümmung**, d.h.  $1/\text{Radius}$ .



Das Ziel beim Anpassen ist es, die Krümmungsanzeige so gleichmäßig wie möglich zu halten, während die Stetigkeitsbedingungen erfüllt werden.

Beachten Sie, dass die angepassten Kanten einen glatten Farbübergang aufzuweisen scheinen.

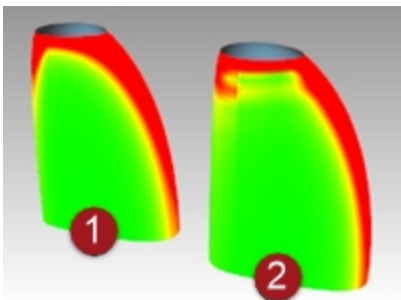
## Vergleich und Analyse verschiedener Flächentechniken

Als nächstes werden wir zum Vergleich eine weitere Fläche erstellen.

1. **Kopieren** Sie die Kurven auf eine Seite.
2. **Spiegeln** und **Verbinden** Sie die obere und untere Kurve auf der x-Achse.
3. **Spiegeln** Sie die vertikale Seitenkurve auf der X-Achse zur Erzeugung eines Kurvensatzes, aus dem Sie ein Kurvennetzwerk erstellen können.
4. Verwenden Sie den Befehl **Netzwerkfläche**, um eine Fläche aus diesen Kurven zu erstellen.
5. Wählen Sie die neue Fläche aus und **fügen** Sie sie der Anzeige **Krümmungsanalyse** hinzu.

Die dichtere Netzwerkfläche (2) verfügt über eine weniger saubere Erscheinung in dieser Anzeige. Die einfachen Flächen (1) sehen an diesem Punkt noch sauberer aus.

Da die Farbänderung über den gesamten angezeigten Bereich gemappt wird, ist es wichtig, zu bedenken, dass die Einstellung Automatisches Intervall einen sehr kleinen Krümmungsbereich anzeigt und dass die tatsächlichen Unterschiede klein sein können, obwohl die Farbänderung groß erscheint.



# Kapitel 13 - Digitale Skulpturen

In Rhino kann eine relativ undefinierte Fläche erzeugt werden, die dann mit verschiedenen Transformations- und Analysewerkzeugen bearbeitet und auf intuitive und direkte Weise im 3D-Raum verformt werden kann.

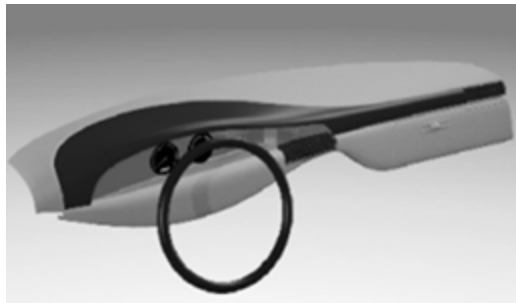
Setzen Sie die ungefähren Kurven. Die Kurven sollten nach Möglichkeit bearbeitete Kopien einer einzigen Originalkurve sein.

Das garantiert, dass sie beim Loften kompatibel sind und die einfachste Fläche erzeugt wird.

Machen Sie zuerst die wichtigsten Änderungen und gehen Sie dann zu den detaillierteren Anpassungen über.

Verwenden Sie den Befehl **InkrementellSpeichern**, um während des Modellierens Kopien des Modells zu erzeugen.

Für die folgende Übung wurden bereits vier Kurven für Sie erzeugt. Sie beschreiben ein sehr einfaches Armaturenbrett, das uns als Ausgangspunkt dient. Auf einer gesperrten Ebene befindet sich ein Lenkrad, das Ihnen beim Skalieren und Hinzufügen anderer Elemente als Referenz dient.



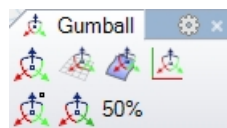
## Werkzeuge zur Kontrollpunktbearbeitung

Passen Sie die Positionen der Kontrollpunkte an, indem Sie sie mit der Maus ziehen oder die Befehle **Verschieben**, **Drehen** oder **Skalieren** oder sonstige Transformationsbefehle verwenden.

Das manuelle Ziehen der Punkte ist die flüssigste und interaktivste Art der Formbearbeitung. Es kann jedoch Situationen geben, in denen die Beschränkung auf die Konstruktionsebene bei der Punktbearbeitung nicht gerade optimal ist. Diese Werkzeuge können Ihnen bei der Kontrollpunktbearbeitung daher helfen:

### Gumball

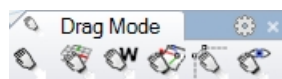
Gumball funktioniert sehr gut mit Kontrollpunkten. Es ist dabei besonders vorteilhaft, einfach zwischen den verschiedenen Gumball-Ausrichtungen hin und her wechseln zu können. Es ist in jedem Fall ratsam, die Gumball-Werkzeugleiste zu öffnen.



Wenn **Gumball** an einem **Objekt ausgerichtet** ist, orientiert sich die blaue Achse für einen ausgewählten Kontrollpunkt an der Flächennormalen. Durch Ziehen des blauen Pfeils wird der Kontrollpunkt in der Normalenrichtung der Fläche verschoben. Die rote Achse richtet sich an der U-Richtung der Fläche aus. Machen Sie einige Feinadjustierungen, indem Sie die Gumball-Zugstärke auf einen Wert unter 100 % setzen.

### ZugModus

Mit dem ZugModus können Sie die aktuellen Konstruktionsebenenbeschränkungen auf mehrere Arten überschreiben.



#### Befehlszeilenoptionen in ZugModus

##### Welt

Dadurch wird das Ziehen so beschränkt, als ob die Konstruktionsebene stets Welt mit Draufsicht wäre. Dies wird kaum verwendet.

##### KEbene

Die Standardbeschränkung in Rhino. Dadurch findet das Ziehen parallel zur aktiven Konstruktionsebene statt.

## Ansicht

Dadurch findet das Ziehen parallel zum aktuellen Ansichtsfenster statt. Dies ist besonders bei einigen schrägen Ansichten nützlich.

## UVN

Mit aktiviertem **Ortho** (Shift-Taste) gezogene Flächenkontrollpunkte werden in der U- und V-Richtung der Fläche beschränkt, während sie durch Drücken von Strg auf die Flächennormale beschränkt werden. Kurvenpunkte werden auf die Kurventangente und mit gedrückt gehaltener Strg-Taste auf die Normalenrichtung der Kurve beschränkt. Für diese Übung ist dies die nützlichste Methode.

## KontrollPolygon

In diesem Modus werden Kurven- und Flächenkontrollpunkte an das Kontrollpolygon beschränkt. Wenn mehrere Punkte ausgewählt sind, wird jeder an seinem eigenen Kontrollpolygon entlang bewegt. Dies ist ein ausgezeichnetes Werkzeug zur Organisation von Punkten in Reihen und Spalten.

Wie auch beim Gumball ist es ratsam, die **ZugModus**-Werkzeugleiste zu öffnen, damit Sie während der Punktbearbeitung schneller zwischen den Modi wechseln können. Achten Sie auf die Änderungen am Cursor, die den jeweiligen Ziehmodus widerspiegeln. Im Allgemeinen ist es vermutlich einfacher, den Gumball zu deaktivieren, wenn Sie Punkte mit den Ziehoptionen verschieben.

## UVNVerschieben

Dieses Werkzeug öffnet einen Dialog, mit dessen Hilfe Sie die Kontrollpunkte einer benutzerdefinierten Skalierung gemäß inkrementell verschieben können. Diese Punktbewegung kann entlang der U-, V- oder Normalenrichtung sein. Zudem gibt es in diesem Dialog Glättungswerkzeuge. Diese sind besonders hilfreich zur Glättung von Punktansammlungen oder irregulären Kontrollpunkten, wodurch Sie ein gleichmäßigeres Raster erhalten.

## In Intervallen verschieben

Durch die Verwendung der Pfeiltasten unter gleichzeitigem Gedrückthalten von Alt, Alt + Shift oder Alt + Strg können die Punkte in kleinen Schritten bewegt werden. In den Einstellungen (*Optionen > Modellierhilfen > InIntervallenVerschieben*) können Sie die Beschränkungen ähnlich wie im Fall des ZugModus anpassen.

**Tipp:** Mit den in diesem Kurs erworbenen Kenntnissen der Benutzeroberfläche können Sie kleine Makros erstellen, mit denen Sie leichter zwischen den Modi hin und her wechseln können.

## PunktDefinieren

Dadurch können Sie Punkte oder Punktreihen in einer, zwei oder drei Dimensionen ausrichten.

Sie können jedes der oben erwähnten Werkzeuge zur individuellen oder gruppenweisen Bearbeitung der Flächenpunkte verwenden. Beachten Sie dabei auch die Punktauswahlwerkzeuge: **AuswahlU**, **AuswahlV** und andere in der Werkzeugleiste **Punkte auswählen**.

So können Sie mit einer relativ überschaubaren Menge an Kontrollpunkten wie denjenigen auf unserer Startfläche durch einfaches Bearbeiten bedeutende Formänderungen erreichen. Wahrscheinlich werden Sie jedoch bald etwas die Kontrolle verlieren.

In diesem Fall benötigen Sie eine lokalere Kontrolle, um sich besser um die kleineren Details kümmern zu können. Mehr Kontrolle erhalten Sie zum Beispiel durch die Erhöhung der Kontrollpunktdichte. Sie können dies auf zwei Arten erreichen:

## KnotenEinsetzen

Damit können Sie einen oder mehrere Knoten sowie Kontrollpunktreihen einsetzen. Flächenpunkte werden dabei neu ausgerichtet, wobei sich die Form der Fläche nicht ändert. Außer in Sonderfällen werden die neuen Punkte nicht an derselben Stelle wie der neue Knoten eingefügt.

## Einige Überlegungen zum Einsetzen von Knoten

Setzen Sie so wenige Knoten wie nötig ein. Fügen Sie bei Bedarf später weitere hinzu. Halten Sie die Fläche so einfach wie möglich, aber verschaffen Sie sich die nötige Kontrolle.

Setzen Sie die Knoten nach Möglichkeit so ein, dass sie immer den gleichen Abstand zueinander haben. Setzen Sie sie auf halber Strecke zwischen bestehenden Knoten ein.

## KontrollpunkteEinsetzen

Damit können Sie eine Punktreihe an einer bestimmten Stelle einsetzen, wobei Sie jedoch keine Garantie haben, dass die Form der Fläche gleich bleibt. Im Allgemeinen führt dies zu einer Formänderung.

Sowohl **KnotenEinsetzen** als auch **KontrollpunkteEinsetzen** hat seine Vorteile, wobei Sie bei der Erstellung sehr kurviger Skulpturflächen mit KnotenEinsetzen immer die Sicherheit haben, dass die Flächenform nicht geändert wird.

## Befehlszeilenooptionen in KnotenEinsetzen

### Automatisch

Dadurch werden die Knoten auf halber Strecke zwischen den vorhandenen Knoten eingesetzt und die Struktur so einheitlich wie möglich gehalten. Die Knoten- und Kontrollpunktdichte einer Kurve oder Fläche werden erhöht, wobei die Knotenverteilung gleichmäßig bleibt und so die Punktbearbeitung vorhersagbarer ist als mit ungleichmäßig verteilten Knoten. Beachten Sie, dass mit dieser Option zwischen jedem paar vorhandener Knoten ein weiterer Knoten eingesetzt wird. Dies kann dazu führen, dass eine Fläche sehr schnell eine dichte Struktur erhält.

### Mittelpunkte

Platziert Markierungen auf halber Strecke zwischen den vorhandenen Knoten/Knotenlinien, die als Leitlinien für das Einfügen von Knoten auf halber Strecke zwischen vorhandenen Knoten dienen können. Mithilfe des Objektfangs Punkt können Sie nun die neuen Knoten über diesen Markierungen einfügen.

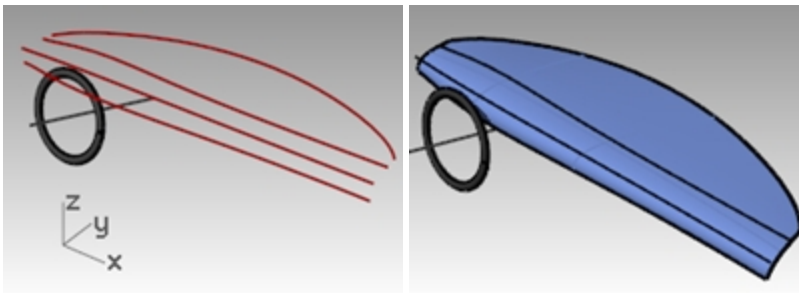
**Hinweis:** Es kann sehr schnell passieren, dass Sie zu viele Kontrollpunkte haben und damit die Kontrolle über die Form verlieren. Daher ist es ratsam, vor dem Hinzufügen von Komplexität die Option InkrementellSpeichern zu verwenden. So können Sie schnell zu einem einfacheren Zustand Ihres Modells zurückkehren und müssen nicht wieder von Neuem anfangen, wenn Ihnen die Kontrolle entgleitet.

## Übung 13-1 Armaturenbrett

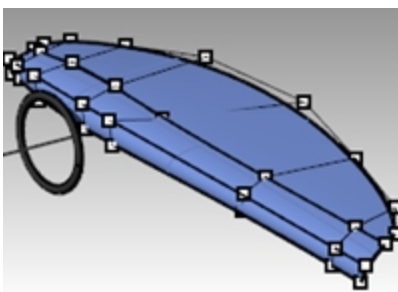
In dieser Übung werden wir das Armaturenbrett eines Autos unter Verwendung der Kontrollpunktbearbeitung erstellen.

### Loften Sie die Konstruktionskurven

1. **Öffnen** Sie das Modell **Armaturenbrett.3dm**.
2. Erstellen Sie aus den vier Kurven ein **Loft** mit der Option **Verringert** aus der Dropdown-Liste.  
Mit dem Stil **Verringert** wird die einfachste Geometrie erzeugt. Diese Option ist auch für die Erzeugung einer Fläche mit dieser Technik wichtig. Mit dieser Option berührt die Fläche die internen Kurven der Loftfläche nicht, sieht aber sehr glatt und sauber aus.

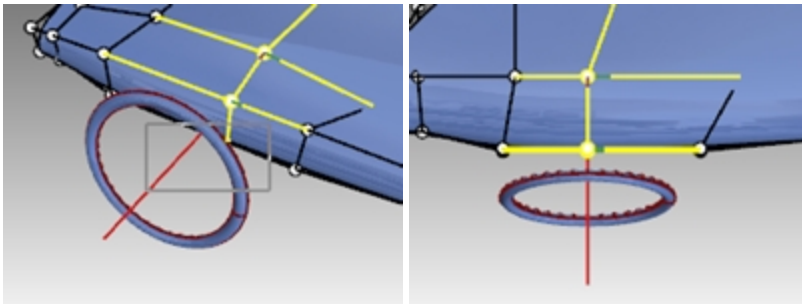


3. Aktivieren Sie die Kontrollpunkte.  
Wenn Sie die Punkte für die Eingabekurven ebenfalls aktivieren, werden Sie feststellen, dass die Punktstruktur der Fläche genau mit der Punktstruktur der vier Kurven übereinstimmt.
4. Deaktivieren Sie die Ebene **Kurven**.  
Nun können Sie die Fläche direkt durch Transformieren der Flächenkontrollpunkte formen.  
Wie bereits erwähnt, hat Rhino mehrere leistungsfähige Werkzeuge zur Kontrollpunktbearbeitung.



### Bearbeiten und Formen der Fläche

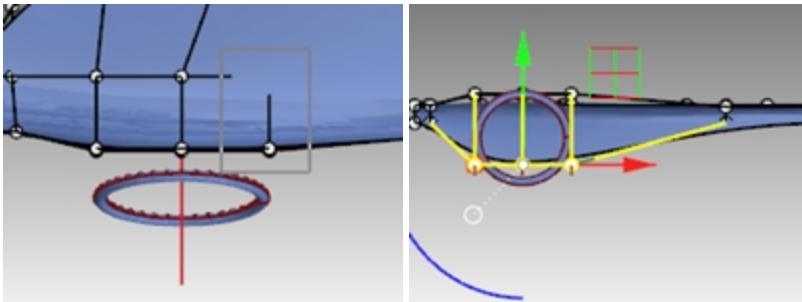
1. **Aktivieren Sie die Flächenpunkte** und lassen Sie Gumball im Moment deaktiviert.
2. Erstellen Sie eine **Fensterauswahl** der drei Kontrollpunkte rechts der Hauptlinie der Lenkardsäule.
3. Verwenden Sie den Befehl **PunktDefinieren** (*Menü Transformieren: XYZ-Koordinaten definieren*), um die Punktgruppen in **Drauf-** oder **Frontansicht** in X-Richtung anzuordnen, indem die Hauptlinie gefangen wird.



Beachten Sie, dass bei Auswahl der Punkte rote und grüne Linien von den ausgewählten Punkten ausgehen, die die positive U- und V-Richtung angeben.

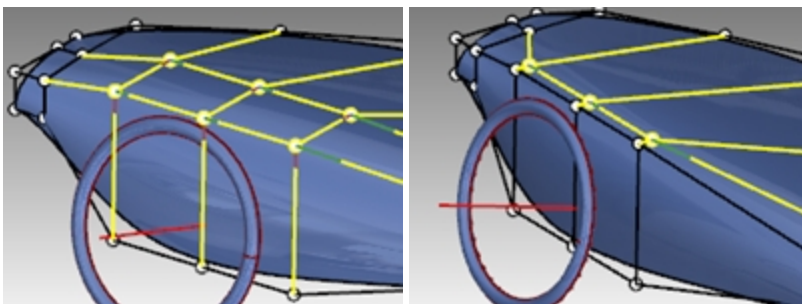
4. Verwenden Sie diese Informationen mit den Punktauswahlwerkzeugen **NächstenU**, **NächstenV**, **VorherigenU** oder **VorherigenV**, um die Auswahl nach links oder rechts auf die nächste Punktlinie zu bewegen. Nutzen Sie **PunktDefinieren** zur Ausrichtung der Punkte an der entsprechenden Kante links und rechts des Lenkrads.
5. Verwenden Sie **Gumball**, um die untersten drei Punkte in der Nähe des Lenkrads nach unten zu ziehen und so die Form zu akzentuieren.

Diese Form muss bezüglich des Lenkrads nicht unbedingt symmetrisch sein.

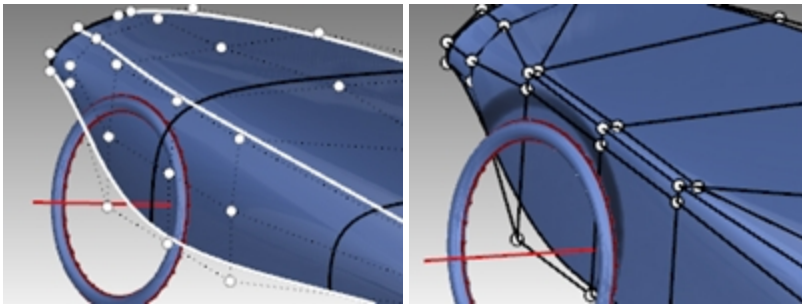


6. Wählen Sie die Punkte aus, die sich der Oberkante des Lenkrads am nächsten befinden und setzen Sie sie mit **PunktDefinieren** auf denselben **Z**-Wert.
7. Nun definieren wir das Armaturenbrett im Bereich des Lenkrads ein wenig. Setzen Sie den **ZugModus** auf **KontrollPolygon** und ziehen Sie drei der Punkte in die Nähe ihrer benachbarten Punkte.

Die Form der Fläche wird dadurch nur leicht verändert. Sie ist immer noch sehr weich und es sind hier auch keine weiteren Punkte zum Bearbeiten verfügbar.



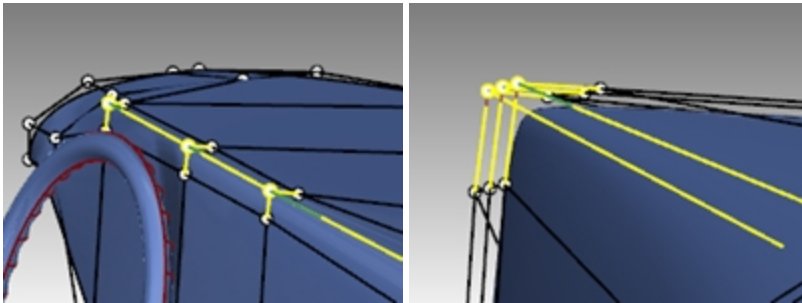
8. Verwenden Sie den Befehl **KnotenEinsetzen** (*Menü Bearbeiten: Kontrollpunkte > Knoten einsetzen*), um eine Punktreihe in V-Richtung einzusetzen. Die Fläche verfügt aktuell über keine inneren Knoten, sodass Sie die Option **Automatisch** zum Hinzufügen eines einzelnen Knotens verwenden sollten. Mit den zusätzlichen Punkten können Sie nun weitere Punkte am Kontrollpolygon entlang schieben und so die Fläche in diesem Bereich schärfen.



9. Verwenden Sie den Befehl **InkrementellSpeichern** (*Menü Datei: Inkrementell speichern*), bevor Sie zum nächsten Schritt übergehen.

### Eine weitere Möglichkeit zur Anpassung der Form

1. Stellen Sie die Punktwichtung einiger Punkte der Fläche ein.
2. Wählen Sie beispielsweise die drei mittleren Punkte am Scheitel des nun scharfkurvigen Bereichs, den wir eben erstellt haben.
3. Starten Sie den Befehl **Wichtung** (*Menü Bearbeiten: Kontrollpunkte > Wichtung bearbeiten*). Erhöhen Sie die Wichtung der Punkte auf 2.  
Höher gewichtete Punkte im Vergleich zu den benachbarten Punkten ziehen die Fläche tendenziell an sich. Von den niedriger gewichteten Punkten wird die Fläche tendenziell abgestoßen.

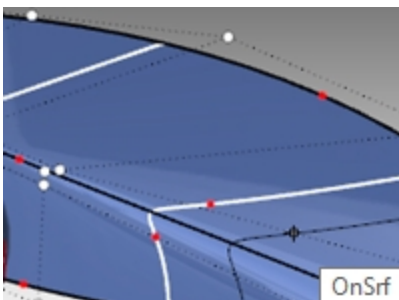


### Knoten hinzufügen

Versuchen Sie, unter Verwendung der Option **Mittelpunkte=Ja** die Knoten in beide Richtungen auf halber Strecke einzusetzen. Fügen Sie nun unter Angabe von **Mittelpunkt=Nein** einige Knoten in der Nähe vorhandener Knoten ein, um eine etwas lokalere Kontrolle zu erlangen.

### Hinzufügen und Bearbeiten von Knoten

1. Verwenden Sie den Befehl **InkrementellSpeichern** (*Menü Datei: Inkrementell speichern*), bevor Sie zum nächsten Schritt übergehen.
2. Um einige Knoten in der U-Richtung einzusetzen, verwenden Sie **KnotenEinsetzen, Mittelpunkte=Ja**.
3. Fangen Sie die Mittelpunkte, um den Knotenabstand gleich zu halten.  
Achten Sie darauf, wie die Kontrollpunktanordnung mit jedem neu eingefügten Knoten verändert wird. Um die Reihen und Spalten gut organisiert zu halten, sollten Sie einige Punktreihen mit dem Befehl **PunktDefinieren** auf denselben X-Wert bringen.
4. Erkunden Sie verschiedene Formen und Designideen unter Verwendung aller oben genannten Werkzeuge.

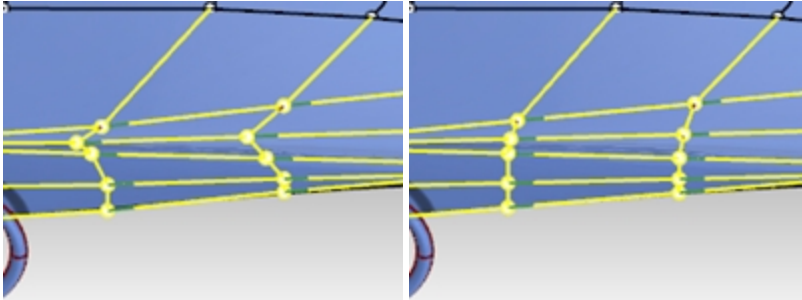


5. Wählen Sie einige Punkte, die nicht ordentlich angeordnet sind. Starten Sie den Befehl **UVNVerschieben** (*Menü*

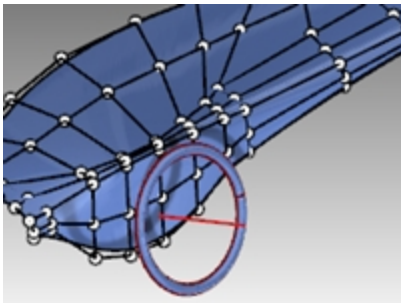


*Transformieren: UVN Verschieben).*

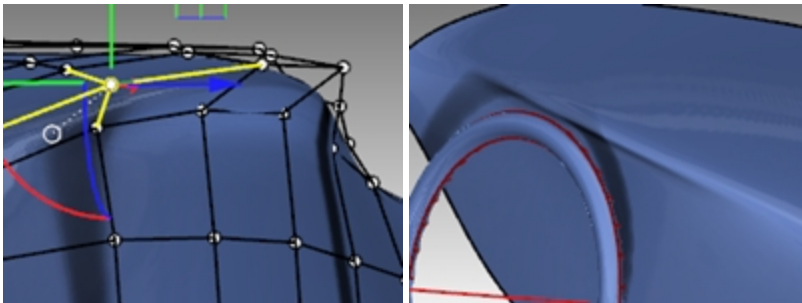
- Verwenden Sie die **Glättungsschieber**, um einige der nicht sauber angeordneten Punkte zu glätten.



- Bewegen Sie einige der Punkte auf der rechten Seite des Lenkrads näher an dasselbe heran, um die Form etwas symmetrischer bezüglich des Lenkrads zu gestalten.  
Halten Sie die Kontrollpunktanordnung nach Möglichkeit eben und fortschreitend. Wie zu erwarten ist, befinden sich in den bearbeiteten und umgeformten Bereichen tendenziell mehr Kontrollpunkte als in anderen Bereichen.



- Fügen Sie im Bereich der Oberseite des Lenkrads ein paar weitere Knoten hinzu.  
So können Sie hier einen kleinen lokalen Bereich herausziehen, der sanft in die umgebende Fläche übergeht.



## Details hinzufügen

Wenn Sie mit der gesamten Form der Fläche zufrieden sind, können Sie einige Details hinzufügen, um ein fertigeres Objekt zu erzeugen.

Die Fläche kann, wie in der ersten Abbildung dargestellt, versetzt und getrimmt werden.

Sie erhalten die besten Resultate, wenn die Fläche in beide Richtungen mindestens 3. Grades ist. Überprüfen Sie dies mit den Objekteigenschaften

**Hinweis:** Parallelfächen sind normalerweise hinsichtlich der inneren Stetigkeit um einen Grad geringer. So werden aus Flächen mit interner G1-Stetigkeit unter Umständen Flächen mit G0-Stetigkeit erzeugt; das heißt, sie könnten einen Knick aufweisen. Obwohl Rhino diese Flächen erlaubt, kann es zu Problemen führen.

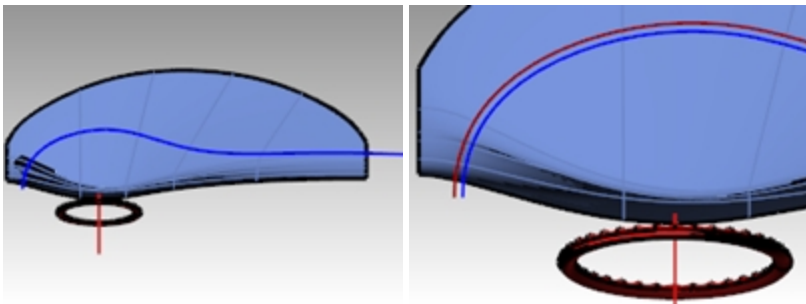
Aus diesem Grund ist es bei der Erzeugung von Parallelfächen am besten, wenn die Anfangsfläche aus Kurven 3. Grades oder höher erzeugt wird. Diese Flächen weisen mindestens G2-Stetigkeit auf und das bedeutet, dass beim Versetzen die erhaltenen Flächen mindestens G1-Stetigkeit aufweisen. Es genügt nicht, den Grad einer Fläche, die aus Kurven vom Grad 2 erzeugt wurde, in beide Richtungen in Grad 3 umzuwandeln, um eine G2-Fläche zu garantieren. Den Grad im Nachhinein zu ändern, verbessert keinesfalls die interne Stetigkeit.

## Erzeugung der Parallelfäche

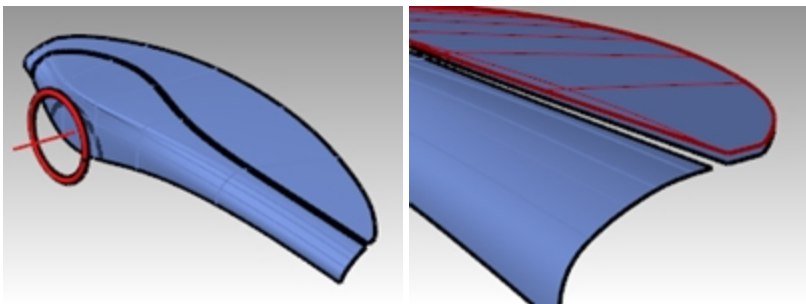
- Wechseln Sie auf die Ebene **Schnittkurven**.
- Zeichnen Sie eine Kurve an der Stelle, wo Sie die Fläche teilen wollen.
- Verwenden Sie den Befehl **Parallelkurve** (*Menü Kurve: Parallelkurve*), um ein Duplikat der Kurve mit einem



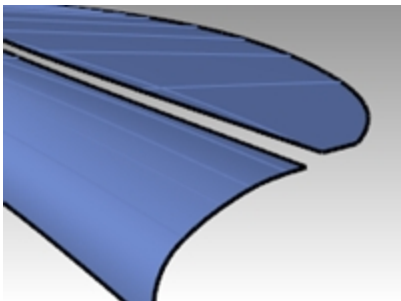
Versatz von 0.50 Zoll (1,27 cm) zu erstellen.



4. Verwenden Sie den Befehl **Trimmen** (*Menü Bearbeiten: Trimmen*), um die Fläche zwischen den Kurven zu trimmen.
5. Verwenden Sie den Befehl **Parallelfäche** (*Menü Fläche: Parallelfäche*), um die hintere Fläche um 0.25 Zoll (0,635 cm) zu versetzen.



6. **Löschen** Sie die Originalfläche.

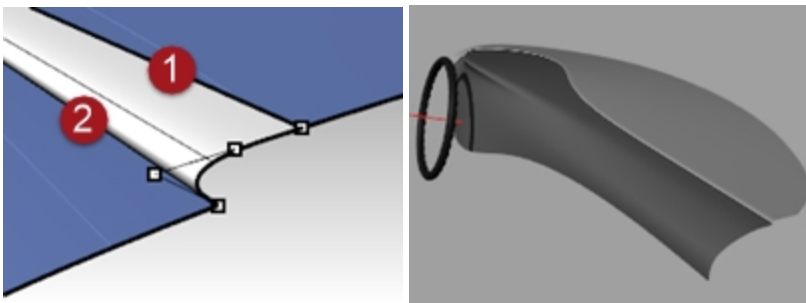


7. Verwenden Sie den Befehl **FlächenÜberblenden** (*Menü Fläche: Flächen überblenden*), um zwischen den beiden Flächen zu überblenden.

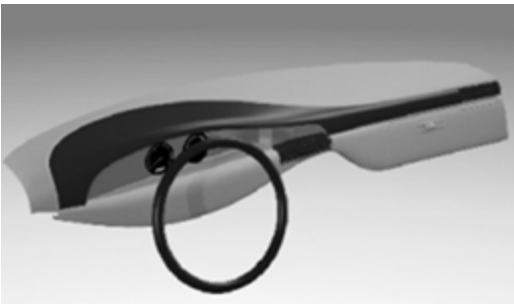
Setzen Sie die **Kante 1** auf **Krümmung (G2)** und die **Kante 2** auf **Position (G0)**.

Mit dieser Methode können Sie relativ schnell einen Übergang nach Art einer Polsterfalte erstellen.

Passen Sie die Schieber unter **FlächenÜberblenden** so an, dass der Querschnitt wie im Beispiel links aussieht.



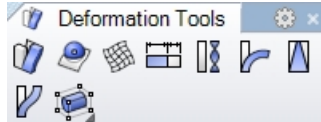
8. Fügen Sie nach eigenem Gutdünken weitere Details hinzu.



# Kapitel 14 - Verformungswerkzeuge

Mit den Verformungswerkzeugen können Sie Polygonnetze, Linien, Flächen, Flächenverbände und Volumenkörper verformen, ohne sich dabei Sorgen um die Integrität des Objekts machen zu müssen.

Sie können die Verformungswerkzeuge aus dem Menü **Transformieren** oder von der Werkzeugleiste **Verformungswerkzeuge** heraus ausführen:



## Verformung von Objekten

Mit KäfigBearbeiten findet die Verformung von eingeschlossenen Objekten im 3D-Raum statt. Diese Einstellung ist wichtig, wenn sich einige der eingeschlossenen Objekte außerhalb des Käfigs befinden.

### KäfigBearbeiten

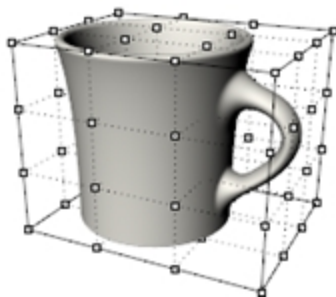
#### Übung 14-1 Verformen eines Objekts mithilfe der Käfigbearbeitung

##### Verformen eines Objekts mit KäfigBearbeiten

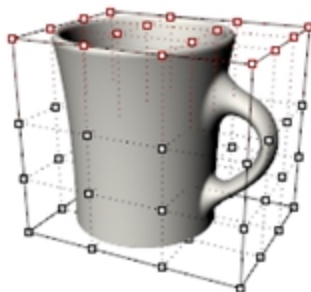
1. Öffnen Sie das Modell **KäfigBearbeiten\_Tasse.3dm**.
2. Öffnen Sie die Werkzeugleiste **Käfig**.



3. Starten Sie den Befehl **KäfigBearbeiten** (Menü *Transformieren: Käfigbearbeitung > Käfig bearbeiten* oder *Käfig-Werkzeugleiste*) und wählen Sie die Tasse als eingeschlossenes Objekt.
4. Wählen Sie das **Begrenzungsrechteck** als Kontrollobjekt aus und anschließend **Welt**.
5. Bestimmen Sie vier Käfigpunkte und Grad 3 in jede Richtung.  
Der Grad kann bis zu 9 eingestellt werden. Die Punktzahl muss größer als der Gradwert in jede Richtung sein.
6. Wählen Sie als **Region zum Bearbeiten** die Option **Global** aus.



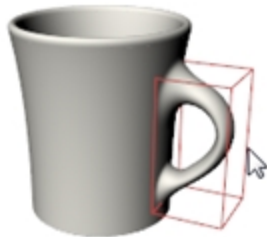
7. Verschieben Sie die oberen Kontrollpunkte des Käfigs in vertikaler Richtung, um die Tasse zu verformen. Käfigpunkte können verschoben, gezogen, skaliert, geschoren, gedreht, gebogen, etc. werden.



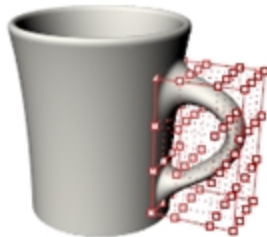
## Begrenzung der Region zum Bearbeiten

Um nur den Griff zu verformen, wird ein Käfigobjekt benötigt, das nur den Griff umschließt.

1. Verwenden Sie den Befehl **AusKäfigEntlassen** (der sich in der Werkzeugleiste Käfig befindet) um das Käfigobjekt auf der Tasse auszuwählen.
2. **Eingabetaste** zum **Löschen** des Käfigs.
3. Starten Sie den Befehl **Käfig** und erstellen Sie ein freistehendes Käfigobjekt.
4. **Verschieben** Sie den Käfig an den richtigen Ort und **skalieren** Sie ihn, bevor Sie ihn an die Tasse anhängen.
5. Führen Sie den Befehl **KäfigBearbeiten** aus.
6. Wählen Sie die Tasse als **eingeschlossenes Objekt**.
7. Wählen Sie als **Kontrollobjekt** das vorher positionierte Käfigobjekt.
8. Wählen Sie für die **Region zum Bearbeiten** die Option **Lokal** aus und definieren Sie den **Falloff-Abstand** auf **5**. Dadurch stellen Sie ein, dass die Verzerrung des Käfigs nur die Region innerhalb des Käfigs beeinflussen wird und ein weicher Falloff über 5 Einheiten vom Käfig weg effektiv sein wird.



9. **Verschieben** Sie im Ansichtsfenster **Front** die zwei vertikalen Punktreihen ganz außen rechts leicht nach rechts, um den Griff zu vergrößern.



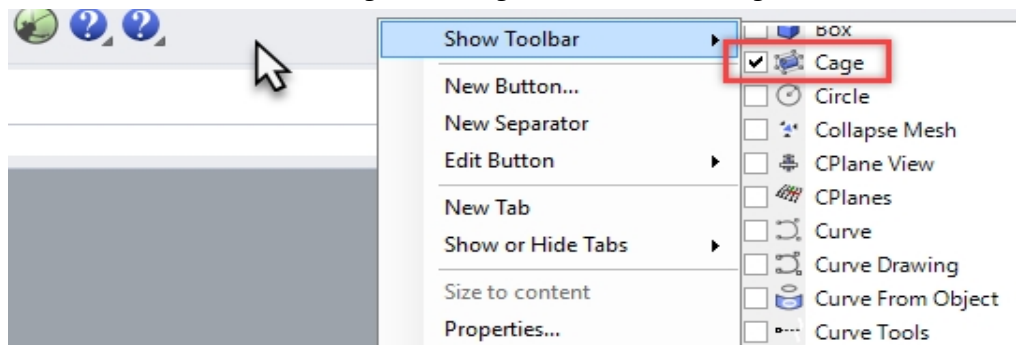
## Übung 14-2 KäfigBearbeiten an der Salatgabel

Es ist möglich, eine beliebige Kurve oder Fläche als Kontrollobjekt des Befehls **KäfigBearbeiten** zu verwenden. Es gibt aber viele Fälle, bei denen die intuitivste Lösung darin besteht, eine Kurve oder Fläche zu verwenden, die bereits Teil des Objekts ist.

### KäfigBearbeiten mit einer Fläche aus dem Objekt

Mit dem Befehl **KäfigBearbeiten** werden Sie eine Fläche des eingeschlossenen Objekts als Kontrollobjekt auswählen.

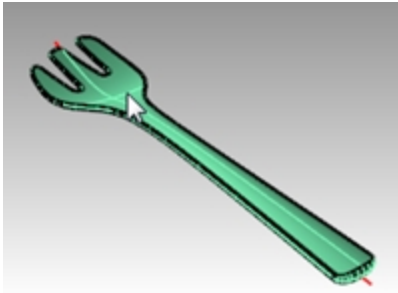
1. Öffnen Sie das Modell **Salat\_Käfig.3dm**.
2. **Klicken Sie mit der rechten Maustaste** auf den Endpunkt der **Standard**-Werkzeugleiste. Klicken Sie im Menü auf **Werkzeugleiste anzeigen** und wählen Sie **Käfig**.



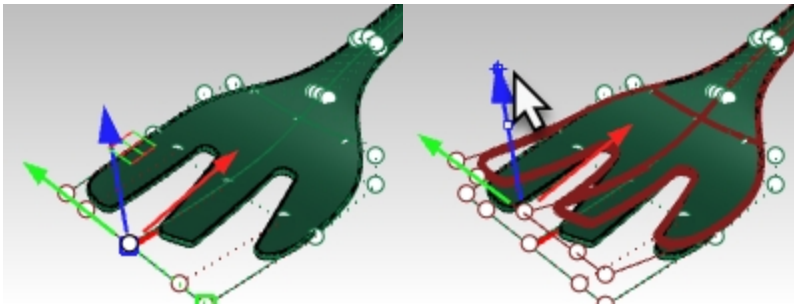
Es erscheint die Werkzeugleiste Käfig.



3. Wählen Sie die Salatgabel aus und starten Sie den Befehl **KäfigBearbeiten**.
4. Wählen Sie als **Kontrollobjekt** die obere Fläche der Gabel.

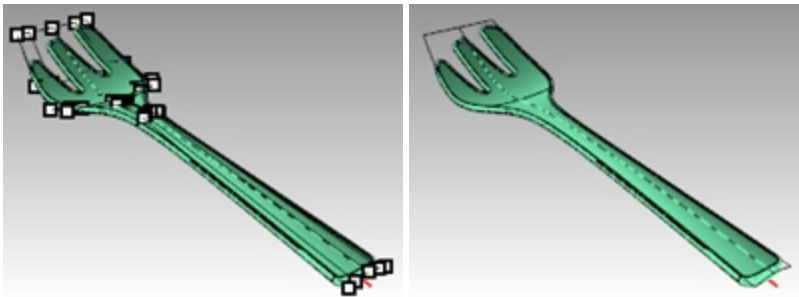


5. Wählen Sie bei der Eingabeaufforderung **Region zum Bearbeiten** die Option **Global** aus.  
Es wird eine Kopie der Fläche aus dem Objekt gelöst und in ein Kontrollobjekt umgewandelt.
6. Wenn die Kontrollpunkte aktiviert sind, verwenden Sie Gumball um vertikal die fünf Punkte zu verschieben, die dem Ende am nächsten sind.

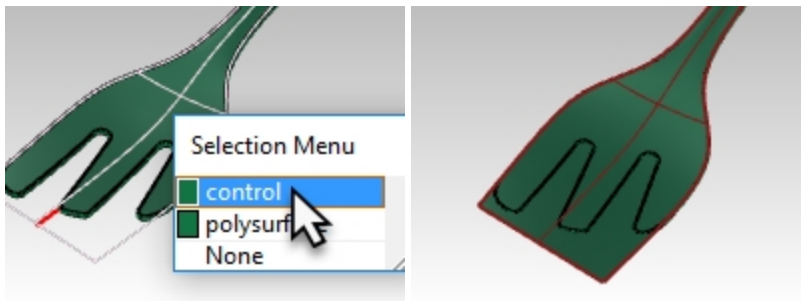


Dadurch wird die Gabel etwas mehr in Richtung der Vorderseite der Gabel gebogen. Normalerweise hat dies eine erhebliche Verzögerung zur Folge sowie eine verzerrte, nicht zum Gebrauch geeignete Version der Gabel. Der Grund dafür ist, dass die gelöste Fläche nicht zur vollständigen Breite und Länge der Gabel verlängert wird. Die gerundeten, überblendeten Kanten fallen außerhalb des Kontrollobjekts und als Resultat kommt es zu der genannten Verzerrung.

7. Führen Sie den Befehl **Rückgängig** aus.



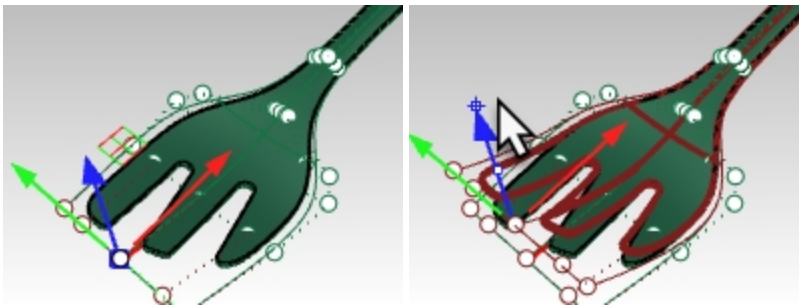
8. Starten Sie den Befehl **AusKäfigEntlassen** um die Gabel vom Kontrollobjekt zu trennen.
9. Wählen Sie das Kontrollobjekt aus. Im Menü **Bearbeiten** wählen Sie **Zerlegen**.  
Der Befehl **Zerlegen** ändert ein Kontrollobjekt in normale Geometrie.



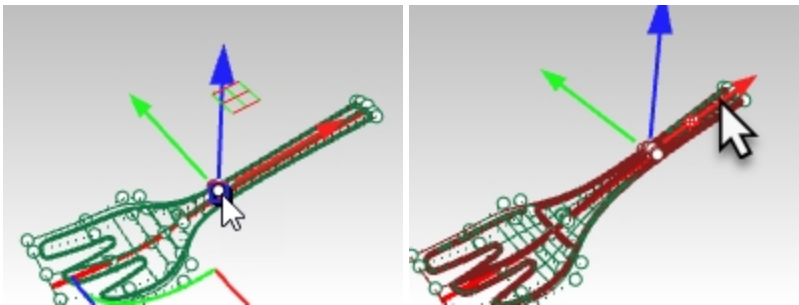
10. Klicken Sie im Menü **Fläche** auf Fläche verlängern (FlächeVerlängern).
11. Klicken Sie auf die langen Kanten der Fläche (Typ=WeicherÜbergang) mit einem Faktor von 5. Die Fläche wird nun über das gesamte Gabelobjekt hinaus verlängert.



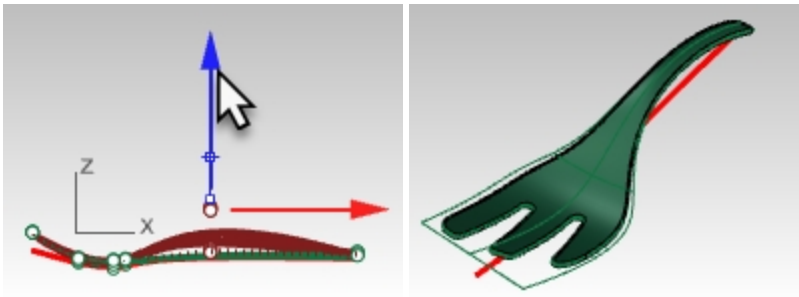
12. Führen Sie **KäfigBearbeiten** erneut aus und wählen Sie die verlängerte Fläche als Kontrollobjekt. KäfigBearbeiten sollte nun ein sauberes Objekt ergeben.



13. Wählen Sie beispielsweise die zwei Kontrollpunkte in der Mitte des Gabelteils des Objekts aus. Verschieben Sie sie mithilfe von Gumball auf Gabellänge abwärts, um die Gabelfläche zu erhöhen.



14. Verschieben Sie die Punktegruppe, die sich am engsten Teil des Griffes befindet, aufwärts oder abwärts. So wird die Kurve am Griff vergrößert oder verkleinert.



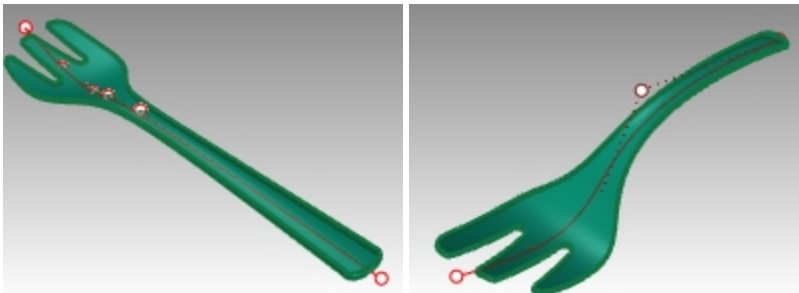
### KäfigBearbeiten mit einer Kurve aus dem Objekt

Es kann auch eine Kurve als Kontrollobjekt verwendet werden. In vielen Fällen ist es sinnvoll, eine Kurve zu verwenden, die bereits über die gleiche Grundform wie das Objekt verfügt. Sie können solch eine Kurve zeichnen oder eine Isokurve aus dem Objekt selbst lösen und diese als Kontrollkurve verwenden.

1. Öffnen Sie erneut das Modell **Salat\_Käfig.3dm** ohne zu speichern.  
Die rote Kurve ist eine extrahierte Isokurve aus der unteren Fläche, die an jedem Ende mit dem Befehl **Verlängern** leicht verlängert wurde.  
Die Gründe zur Verlängerung der Kontrollkurve über die Geometrie hinaus sind die gleichen wie schon weiter oben für das Flächenkontrollobjekt beschrieben.  
Dies geschieht hauptsächlich, um die Verzerrung im resultierenden Flächenverband zu begrenzen.
2. Wählen Sie die Salatgabel aus und starten Sie den Befehl **KäfigBearbeiten**.
3. Wählen Sie die rote Kurve als **Kontrollobjekt** aus.



4. Bearbeiten Sie die Form der Gabel durch Bearbeiten der Punkte des Kontrollobjekts.



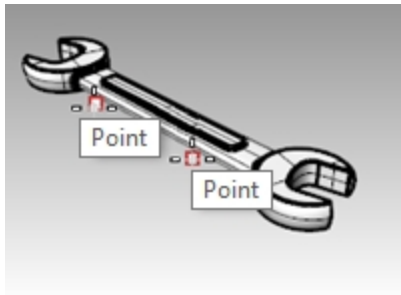
## Andere Verformungswerkzeuge

### Dehnen

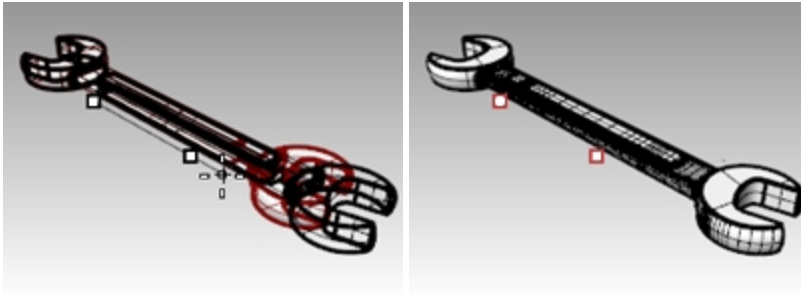
Mit dem Befehl **Dehnen** können Sie den ausgewählten Bereich eines Objekts in eine Richtung skalieren.

#### Übung 14-3 Dehnen eines Objekts

1. **Öffnen** Sie das Modell **SchraubenschlüsselDehnen.3dm**.
2. **Wählen** Sie den Schraubenschlüssel aus.
3. Starten Sie den Befehl **Dehnen** (*Menü Transformieren: Dehnen*).
4. Fangen Sie als **Start-** und **Endpunkt der Achse** die beiden gesperrten Punkte.



5. Für die Auswahl des **Punkts, zu dem gedehnt wird**, fahren Sie mit dem Mauszeiger der Dehnachse entlang und dehnen oder stauchen Sie den Schraubenschlüssel. Der Abschnitt des Schraubenschlüssels zwischen den Punkten der Dehnachse ist der Teil, der verformt wird. Der Objektteil außerhalb dieser Achse wird verschoben, aber nicht verformt. Die Form der Schlüsselmauler an den Enden wird nicht beeinflusst, sondern nur das gesamte Objekt länger oder kürzer.



### Ein Objekt auf einer Fläche ausrichten

Das Ziel dieser Übung ist das Platzieren des kleinen Dekorelements auf dem Henkel der Tasse. Das Dekorelement lässt sich auf einer flachen, senkrechten Ebene einigermaßen einfach erstellen, während es eine äußerst schwierige Aufgabe wäre, dasselbe Element direkt auf einer gebogenen Fläche zu erzeugen.

Mit dem Befehl **AufflächeAusrichten** können Sie ein Objekt auf einer wie auch immer gekrümmten und ausgerichteten Fläche platzieren und haben dabei eine gute Kontrolle über alle Parameter, wobei Sie bei Bedarf das Objekt verformen können, damit es sich so der Zielfläche besser anpasst.

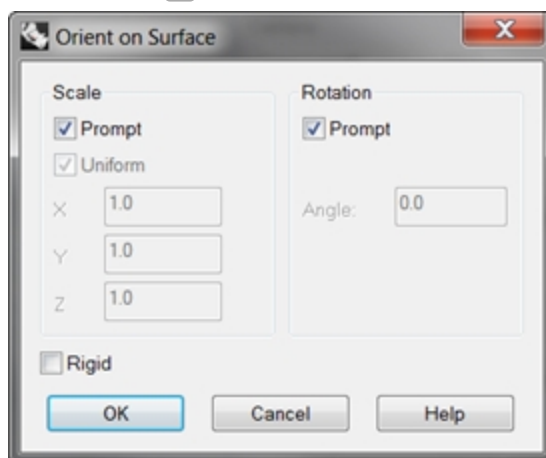


### Übung 14-4 Platzieren eines kleinen Elements auf einem Objekt

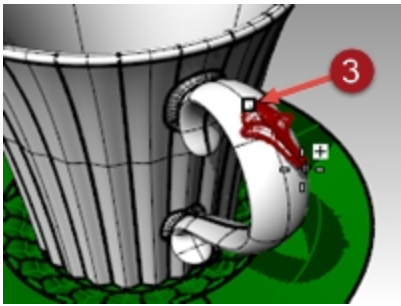
1. Öffnen Sie das Modell **AufFlächeAusrichten\_Detail.3dm**.
2. Führen Sie den Befehl **AufFlächeAusrichten** aus und wählen Sie das kleine Dekorobjekt.
3. Fangen Sie als **Basispunkt** den mit 1 nummerierten Punkt.  
Dieser Punkt wird auf der Zielfläche platziert werden.
4. Fangen Sie als **Referenzpunkt** den mit 2 nummerierten Punkt.  
Ausgehend vom diesem Punkt sowie der Linie zwischen ihm und dem Basispunkt wird die Skalierung und Orientierung des Objekts auf der Zielfläche berechnet. Die aktuelle **Z-Richtung der Konstruktionsebene** wird auf die Zielflächenormale gemappt.



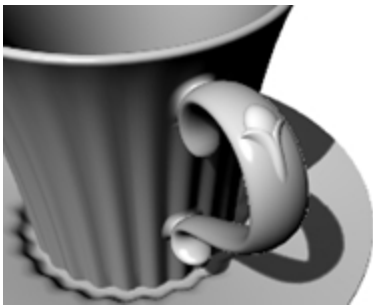
5. Wählen Sie als **Zielfläche der Ausrichtung** den Tassenhenkel.
6. Versichern Sie sich, dass im Dialogfenster die Option **Starr** deaktiviert ist.  
Dadurch kann das umzuformende Objekt an die Zielfläche angepasst werden.
7. Setzen Sie für **Skalieren** und **Drehung** je einen Haken bei **Eingabeaufforderung**, damit Sie diese Werte interaktiv anpassen können.  
Bei der Drehung wird die Linie zwischen dem Basis- und dem Referenzpunkt standardmäßig auf die U-Richtung der Zielfläche gesetzt.
8. Klicken Sie auf .



9. Fangen Sie als **Punkt auf Fläche, bei dem Ausrichtung beginnt**, den mit 3 nummerierten Punkt auf dem Henkel.  
Beachten Sie, dass in der Vorschau die Position des Basispunkts auf der Zielfläche gehalten wird.  
Mit der Befehlszeilenoption **Kopieren=Ja** können Sie das Objekt an seine neue Position kopieren (bei Bedarf auch mehrfach) und gleichzeitig das Original beibehalten.
10. Setzen Sie **Kopieren=Ja**.  
Es gibt noch weitere Befehlszeilenoptionen wie **Umkehren**, falls das Objekt auf die falsche Seite der Fläche gemappt wird, oder **TrimmungenIgnorieren**.  
Wenn **TrimmungenIgnorieren** auf **Ja** gesetzt ist, kann das Objekt überall auf der darunterliegenden Fläche einer getrimmten Seite platziert werden, während die Position ansonsten auf die getrimmte Seite beschränkt ist.



11. Fügen Sie den Standortpunkt mit einem Klick ein.  
Da für die **Skalierung** nun eine **Befehlszeileneingabe** erwartet wird, können Sie das Objekt entweder auf die Größe Ihrer Wahl ziehen oder in der Befehlszeile einen Skalierungsfaktor eingeben.  
In diesem Fall bietet sich ein **Skalierungsfaktor** von etwa **.7** an.
12. Nun können Sie das Objekt um seinen Basispunkt drehen.  
Mit **Ortho** wird der Winkel auf die Konstruktionsebene beschränkt - oder Sie können einen Winkel in der Befehlszeile eingeben. In diesem Fall ist der **Drehwinkel 0**.  
Nach Einstellung des Winkels wird das Objekt auf die Zielfläche gemappt.
13. Nun können Sie dem Henkel weitere Details hinzufügen oder den Befehl mit **Enter** abschließen.

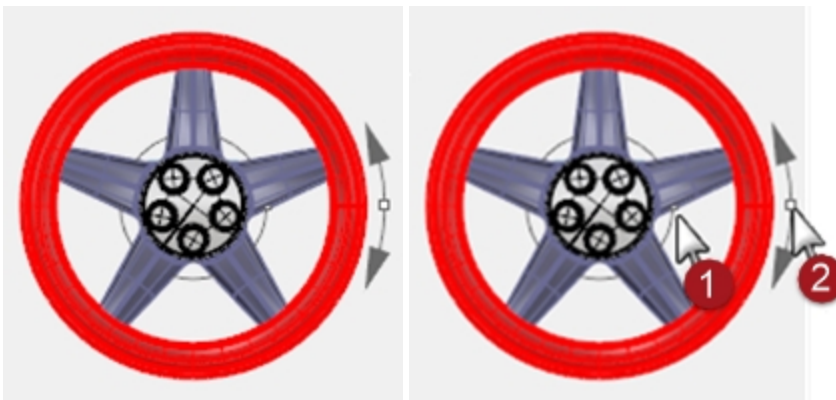


### Verformen eines Objekts in einer Spirale

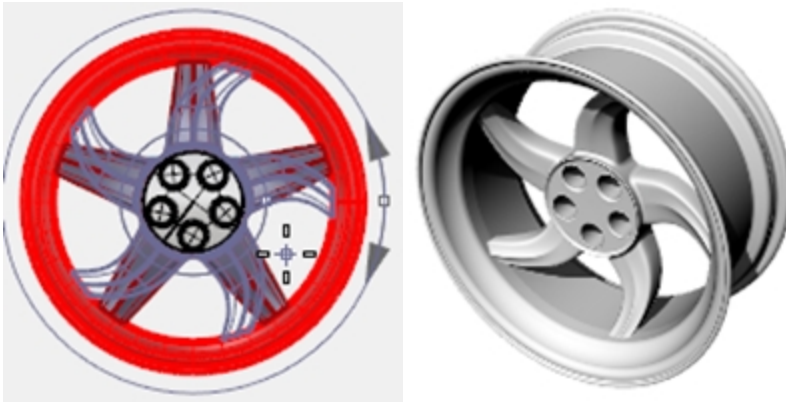
In diesem Beispiel werden wir die Speichen einer Felge verformen und ihnen mit dem Befehl **Wirbel** ein verdrehtes Aussehen geben.

#### Übung 14-5 Verformen unter Verwendung von Wirbel

1. Öffnen Sie das Modell **Wirbel.3dm**.
2. Wählen Sie die Radspeichen als zu verformende Objekte aus und starten Sie den Befehl **Wirbel** (*Werkzeugleiste Verformungswerkzeuge*).
3. Setzen Sie im Ansichtsfenster **Front** die **Wirbelmitte** auf **0,0,0**.
4. Fangen Sie zur Definition des **Radius** den Punkt (1) auf dem gesperrten Kreis in der Nähe des Radzentrums.
5. Fangen Sie zur Definition des **zweiten Radius** den Punkt (2) rechts des Rads auf dem Bogen.



6. Ziehen Sie zur Bestimmung des **Windungswinkels** den Cursor etwa 15 Grad entlang des Kreises, um die Speichen in eine weiche Spiralforn zu bringen.



### Optionen:

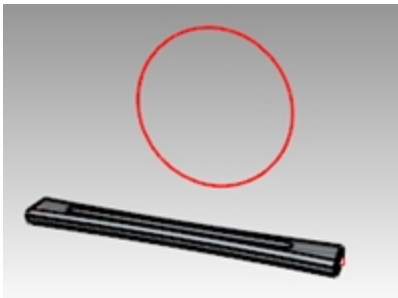
- Kopieren=Ja/Nein
- Starr = Ja/Nein. Bei "Ja" werden die Objekte gedreht und entlang der Spirale bewegt, aber nicht selbst verformt. Dies ist für Wirbelgruppen und Muster von einzelnen Objekten hilfreich.

### Einer Kurve entlang verschieben

In diesem Beispiel werden wir ein Objekt einer Kurve entlang verschieben, während wir die Historie aufnehmen. Dadurch können wir eine zweite Verformung am Originalobjekt durchführen und die Aktualisierung am schwebenden Objekt betrachten.

### Übung 14-6 Verformung eines Objekts durch Verschieben entlang einer Kurve

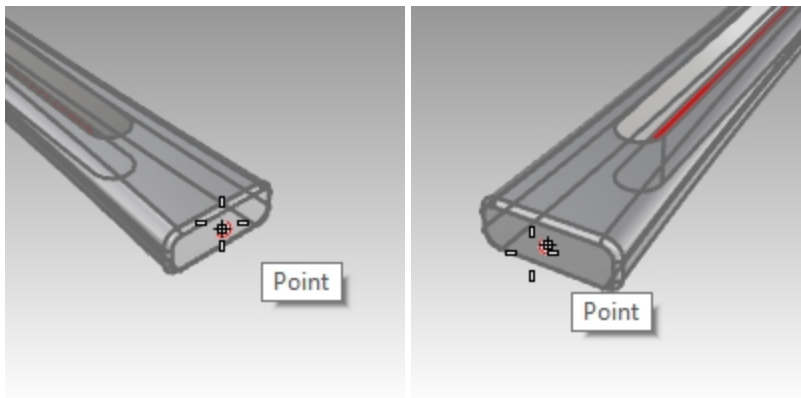
1. Öffnen Sie das Modell **EntlangVerschieben & Verdrehen.3dm**.
2. Aktivieren Sie in der **Statuszeile** die Option **Historie aufnehmen**.
3. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feld **Historie aufnehmen** und aktivieren Sie die Option **Untergeordnete Objekte aktualisieren**. (Sie sollte bereits standardmäßig aktiviert sein)



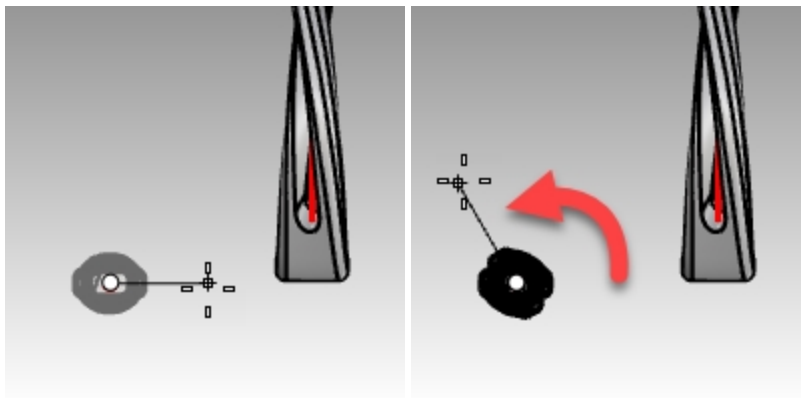
4. Wählen Sie den Flächenverband aus und klicken Sie im Menü **Transformieren** auf **Einer Kurve entlang verschieben**.  
Setzen Sie **Kopieren=Ja**, **Starr=Nein**, **Lokal=Nein** und **Dehnen=Ja**.
5. Wählen Sie als **Basiskurve** die gerade Linie (durch die Mitte des Flächenverbands) aus.
6. Wählen Sie als **Zielkurve** den Kreis aus.  
Eine Kopie des Flächenverbands windet sich nun um den Kreis.



7. **Verdrehen** den ursprünglichen Flächenverband um 360 Grad oder mehr.  
Wählen Sie den ursprünglichen Flächenverband aus und klicken Sie im Menü **Transformieren** auf **Verdrehen**.
8. Wählen Sie im Ansichtsfenster **Perspektive** die Punkte auf dem Ende des Teils als Drehachse.



9. Bewegen Sie den Mauszeiger entgegen des Uhrzeigersinns um den endgültigen Winkel 360 Grad oder mehr anzuzeigen und wählen Sie um Verdrehen auszuführen.



Der mit dem Befehl **EntlangVerschieben** und **Historie** erzeugte Flächenverband wird aktualisiert, um mit dem gedrehten Flächenverband übereinzustimmen.



## EntlangVerschieben

Der Befehl **EntlangVerschieben** richtet ein Objekt oder eine Gruppe von Objekten von einer Basiskurve zu einer Zielkurve neu aus.

### Vorgehen

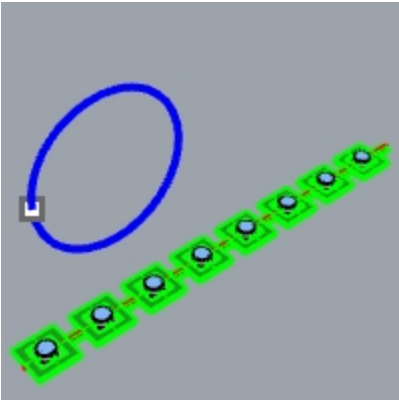
1. Wählen Sie Objekte aus.
2. Wählen Sie die Basiskurve nahe eines Endes aus.
3. Wählen Sie die Zielkurve nahe des passenden Endes aus.

Ähnlich wie bei **Einer Fläche entlang verschieben** ermöglicht es der Befehl **EntlangVerschieben**, Volumenkörper einer Kurve entlang zu verschieben. So wird das Zeichnen in 3D vereinfacht und Rhino kann die gesamte Morphing-Arbeit übernehmen.

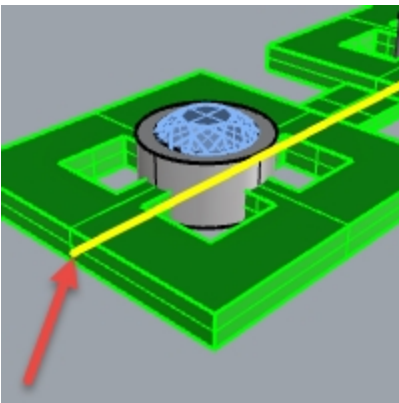
## Einen Ring mit dem Befehl EntlangVerschieben erstellen

### Übung 14-7 Die Teile eines Rings entlang einer Ringkörperkurve verschieben

1. **Öffnen** Sie das Modell **EntlangVerschieben\_Ring.3dm**.
2. Wählen Sie den grünen Flächenverband als Objekt zum Verschieben aus.
3. Klicken Sie im Menü **Transformieren** auf **Einer Kurve entlang verschieben**.

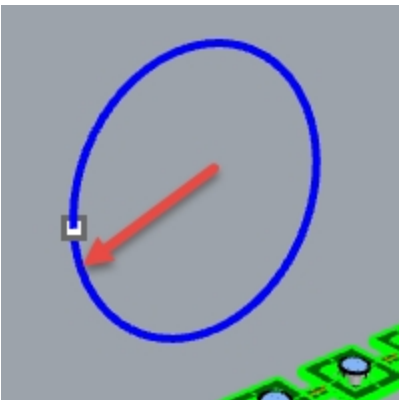


4. Wählen Sie als **Grundkurve** die rote lineare Kurve gegen das linke Ende hin aus.  
**Hinweis:** Ändern Sie im Ansichtsfenster **Perspektive** den Anzeigemodus auf **Halbtransparent**, um die Grundkurve besser sehen und auswählen zu können.



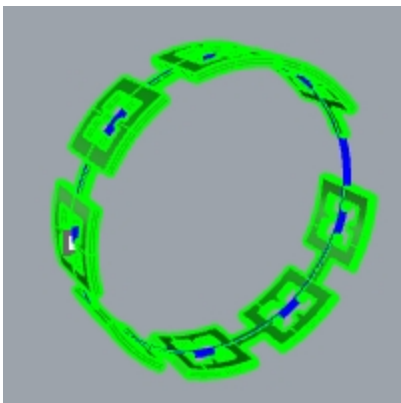
*Grundkurve.*

5. An diesem Punkt angelangt stoppen Sie und bestätigen Sie die folgenden Optionseinstellungen in der Befehlszeile (**Kopieren=Ja Starr=Nein Dehnen=Nein**).
6. Wählen Sie als **Zielkurve** die Kreiskurve leicht unterhalb des Punktstandorts aus.



Der Flächenverband wird in die Form der Zielkurve gemorpht oder entlang verschoben.  
Beachten Sie, dass der Flächenverband nicht ganz um den Kreis verschoben wird.

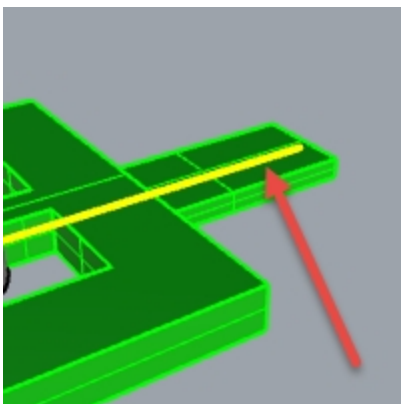
7. Führen Sie den Befehl **Rückgängig** aus.



Sie werden diesen Flächenverband einige Male verschieben und dabei verschiedene Optionen verwenden. Als erstes ändern Sie die Richtung für EntlangVerschieben.

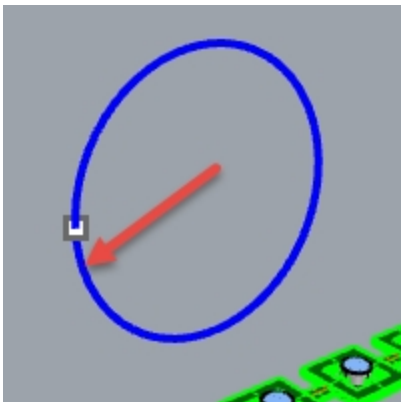
### Die Teile eines Rings entlang der Ringkörperkurve in eine andere Richtung verschieben

1. Wiederholen Sie **Einer Kurve entlang verschieben** mit den gleichen Schritten, außer dass Sie die **Grundkurve** am entgegengesetzten Ende auswählen.



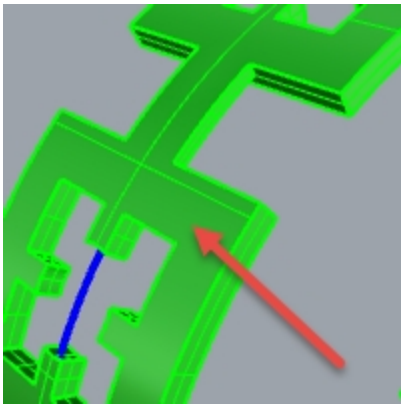
*Grundkurve.*

2. Wählen Sie als **Zielkurve** die Kreiskurve leicht unterhalb des Punktstandorts aus.

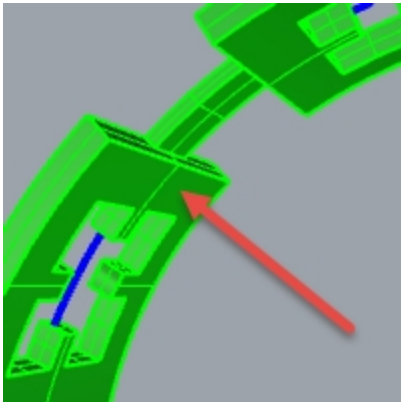


Beachten Sie, dass das Innere und Äußere des Originalflächenverbands umgedreht wurde.

3. Machen Sie dies erneut **rückgängig**.



*Der untere Teil des ursprünglichen Flächenverbands befindet sich an der Außenseite.*



*Der obere Teil des ursprünglichen Flächenverbands befindet sich an der Innenseite.*

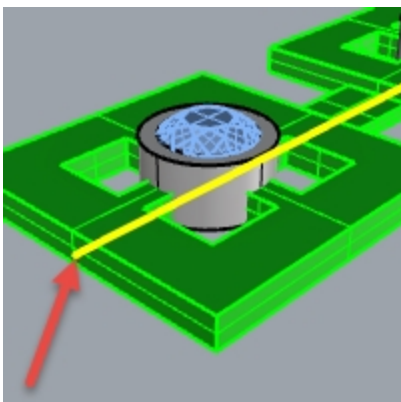
Als zweites werden Sie den Originalflächenverband dehnen, damit er vollständig um den Kreis herum angepasst werden kann.

**Die Teile eines Rings entlang der Ringkörperkurve in verschieben und diese gleichzeitig dehnen, um sie an die gesamte Kurve anzupassen**

---

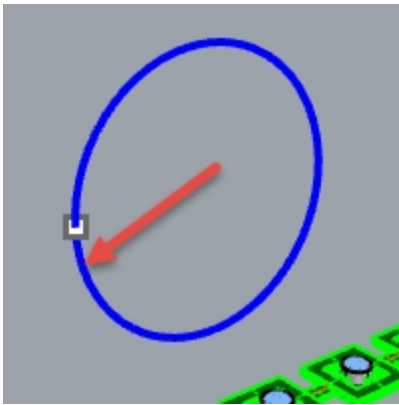
1. Wiederholen Sie **Einer Kurve entlang verschieben** auf die gleiche Weise wie Sie es das erste Mal getan haben, wobei Sie die **Grundkurve** gegen das linke Ende hin ausgewählt haben.

**Hinweis:** Ändern Sie im Ansichtsfenster **Perspektive** den Anzeigemodus auf **Halbtransparent**, um die Grundkurve besser sehen und auswählen zu können.



2. An diesem Punkt angelangt stoppen Sie und bestätigen Sie die folgenden Optionseinstellungen in der Befehlszeile (**Kopieren=Ja Starr=Nein Dehnen=Ja**).
3. Wählen Sie die Kreiskurve leicht unterhalb des Punktstandorts als **Zielkurve** aus.





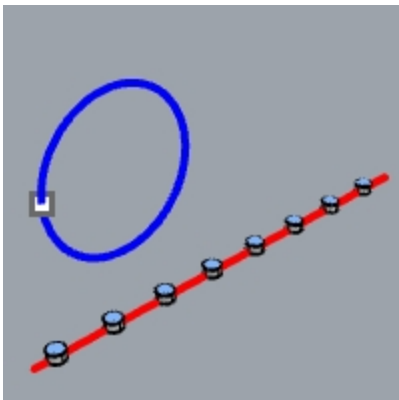
Der Flächenverband wird um die Kreisform der Zielkurve gemorpht oder vollständig daran entlang verschoben.

4. Verwenden Sie den Befehl **ObjektInfo**, um zu bestätigen, dass es sich um einen geschlossenen soliden Flächenverband handelt.

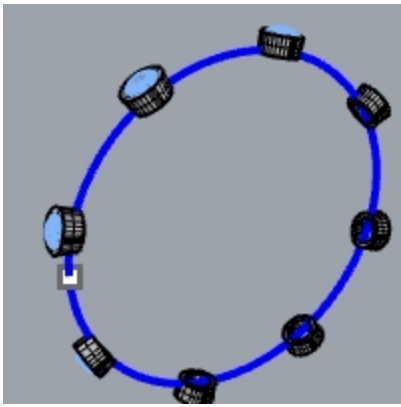


#### Die Edelsteine und Einfassungen entlang verschieben

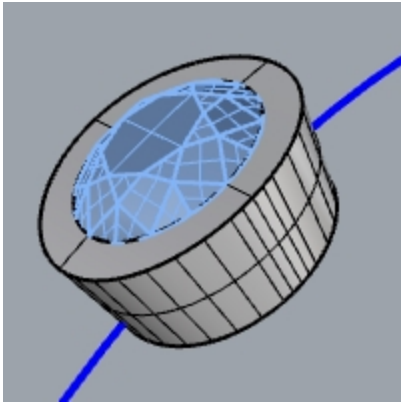
1. Blenden Sie den Originalflächenverband und den entlang verschobenen Flächenverband aus.
2. Klicken Sie im Menü **Transformieren** auf **Einer Kurve entlang verschieben**.
3. Als **Objekte zum Verschieben** werden Sie die Gruppe mit den Edelsteinen und Einfassungen nach Ebene auswählen.



4. Klicken Sie im **Ebenen**-Panel mit der rechten Maustaste auf die Ebene **Einfassung**. Klicken Sie im Menü des Mauszeigers auf **Objekte auswählen**.
5. Klicken Sie im **Ebenen**-Panel mit der rechten Maustaste auf die Ebene **Edelstein\_Rubin**. Klicken Sie im Menü des Mauszeigers auf **Objekte auswählen**.
6. **Eingabetaste** um die Auswahl von Objekten zu schließen.
7. Wählen Sie die **Grundkurve** nahe des linken Endes aus.
8. An diesem Punkt angelangt stoppen Sie und bestätigen Sie die folgenden Optionseinstellungen in der Befehlszeile:  
**(Kopieren=Ja Starr=Nein Dehnen=Ja)**.
9. Wählen Sie als **Zielkurve** die Kreiskurve leicht unterhalb des Punktstandorts aus.  
Die Einfassungen und Edelsteine werden gemorpht und um den Kreis angepasst.

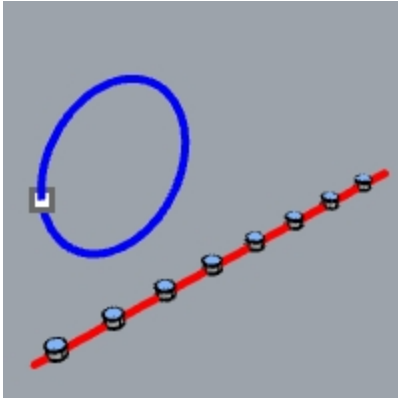


10. Überprüfen Sie die Resultate.  
Die Seiten der Einfassungen sind nicht lotrecht, die obere Fläche ist nicht flach und der Edelstein wird gedehnt.
11. Führen Sie den Befehl **Rückgängig** aus.

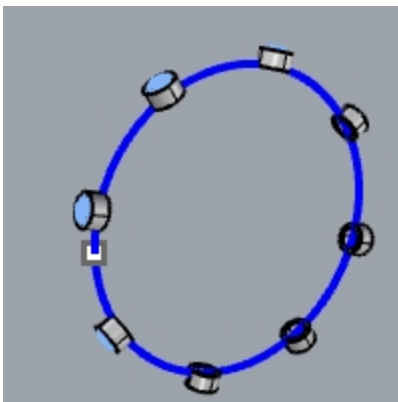


## Die Edelsteine und Einfassungen mit der Option **Starr=Ja** entlang verschieben

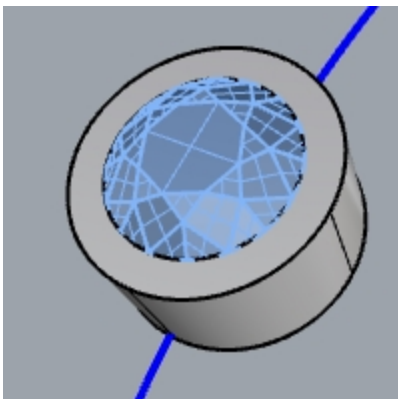
1. Klicken Sie im Menü **Transformieren** auf **Einer Kurve entlang verschieben**.
2. Wählen Sie als **Objekte zum Verschieben** die Gruppe mit den Edelsteinen und Einfassungen im **Ebenen**-Panel aus.  
Klicken Sie im **Ebenen**-Panel mit der rechten Maustaste auf die Ebene **Einfassung**. Klicken Sie im Menü des Mauszeigers auf **Objekte auswählen**.  
Klicken Sie im **Ebenen**-Panel mit der rechten Maustaste auf die Ebene **Edelstein\_Rubin**. Klicken Sie im Menü des Mauszeigers auf **Objekte auswählen**.
3. **Eingabetaste** um die Auswahl von Objekten zu schließen.



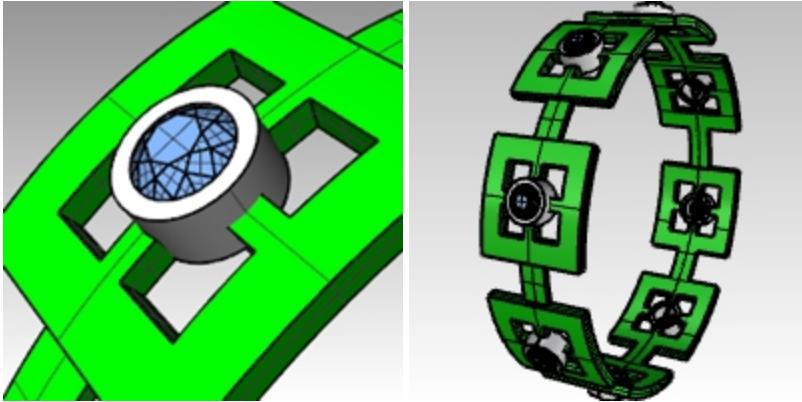
4. Wählen Sie die **Grundkurve** gegen das linke Ende hin aus.
5. An diesem Punkt angelangt stoppen Sie und bestätigen Sie die folgenden Optionseinstellungen in der Befehlszeile:  
**(Kopieren=Ja Starr=Ja Dehnen=Ja)**.
6. Wählen Sie als **Zielkurve** die Kreiskurve leicht unterhalb des Punktstandorts aus.  
Die Einfassungen und Edelsteine werden gedehnt und um den Kreis angepasst, die Objekte werden aber nicht verformt.



7. Überprüfen Sie die Resultate.  
Die Seiten der Einfassungen sind lotrecht, die obere Fläche ist flach und der Edelstein wurde nicht gedehnt.



8. **Zeigen** Sie erneut den grünen Flächenverband an.



# Kapitel 15 - Blöcke

Die Verwendung von Blöcken in Rhino bietet zwei Hauptvorteile:

- Identische Objekte können gleichzeitig bearbeitet oder ersetzt werden.
- Da identische Objekte nur auf einer einzigen Definition beruhen, sind Dateien mit Blöcken identischer Objekte kleiner - manchmal wesentlich kleiner - als Dateien, in denen jedes dieser Objekte sein eigenes, selbstständig definiertes Objekt ist.

Ein Block ist in Rhino eine Sammlung von Objekten. Diese können einfache 2D- oder komplexe 3D-Objekte sein. Ein Block kann aus Linien, Polylinien, Freiformkurven, Flächen, Flächenverbänden, Volumenkörpern, Bemaßungen, Text oder auch aus anderen Blöcken bestehen. Wenn ein Block andere Blöcke enthält, spricht man von verschachtelten Blöcken. Der Grad der Verschachtelung ist dabei unbegrenzt.

## Instanzen und Definitionen

Jeder Block verfügt über eine individuelle Definition. Diese Definition ist der Objektsatz, aus dem er besteht. Die Definition bleibt dem Benutzer verborgen. Sie stellt die Definition der Instanzen des Blocks im Modell zur Verfügung. Es kann unzählige Instanzen, aber nur eine Definition eines Blocks geben. Wenn daher die Blockdefinition geändert wird, ändern sich auch alle Instanzen dieses Blocks.

### Definition eines Blocks

Blöcke können mithilfe des Befehls **Block** definiert werden. Dadurch wird eine neue Blockdefinition erstellt, während eine Instanz des Blocks an ihrem Platz verbleibt.

Blockinstanzen können durch Kopieren einer bestehenden Instanz oder mit dem Befehl **Einsetzen** hinzugefügt werden. Sie können dabei aus einer Liste bestehender Blockdefinitionen auswählen oder eine externe Datei importieren.

**Hinweis:** Es kann in einer Datei Blockdefinitionen geben, für die keine Instanzen vorhanden sind. Das Löschen einer Instanz ändert nichts an der Definition.

### Einfügungspunkte

Jeder Block hat einen Einfügungspunkt. Dies ist die Basisposition des Blocks als Ganzes, an dem eine Blockinstanz bei Verwendung des Befehls **Einsetzen** eingefügt wird.

### Eingebettete und verknüpfte Blöcke

Wenn die Definition eines Blocks in der Rhino-Datei gespeichert wird, gilt der Block als eingebettet. Wenn die Blockdefinition als separate Datei vorhanden ist, ist der Block verknüpft. In letzterem Fall bestimmen die in der externen Datei gespeicherten Änderungen alle Blockinstanzen in allen Dateien, in die sie eingefügt wurden.

## Ebenen und Blöcke

Bei der Verwendung von Blöcken können Ebenen etwas irritieren. Behalten Sie dabei im Hinterkopf, dass sich jede Instanz eines Blocks - wie jedes andere Rhino-Objekt - auf einer der Ebenen befindet.

- Dies ist normalerweise die beim Einfügen der Instanz aktuelle Ebene, wobei die Ebene der Instanz wie bei jedem anderen Objekt auch geändert werden kann. Daneben existiert allerdings auch noch jedes Objekt auf einer der Ebenen - und dies unabhängig von der Blockinstanz als Ganzes.  
So können sich beispielsweise zwei Instanzen eines Blocks auf verschiedenen Ebenen befinden, wobei sich die Blockdefinitionsobjekte der Instanzen auf denselben Ebenen befinden.
- Durch das Ein- und Ausschalten einer Ebene wird die ganze Instanz verborgen bzw. angezeigt. Durch das Ein- und Ausschalten einer Ebene, auf der sich die Objekte eines Blocks befinden, wird dieser Teil jeder Blockinstanz unabhängig von der Ebene der Instanz selbst verborgen bzw. angezeigt.
- Ebenen verknüpfter Blöcke (Referenzebenen) können im **Ebenenpanel** als normale Ebenen oder spezielle Referenzebenen angezeigt werden.

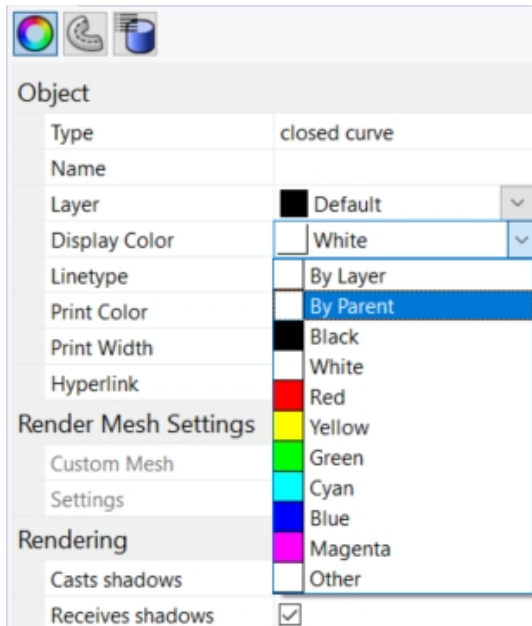
### Regeln für den Block

Die folgenden Regeln sind bei der Verwendung von Blöcken hilfreich.

Am besten ist es, sie sich so oft durchzulesen, bis man ihren Sinn erkannt hat.

Sie werden in diesem Kapitel auch mit Blöcken experimentieren. Die Regeln werden Ihnen während des Erzeugens und Einfügens der Blockobjekte zunehmend vertrauter werden.

- Die beim Einfügen einer Blockinstanz aktuelle Ebene wird Referenzebene genannt. Die eingefügte Instanz befindet sich auf dieser Ebene.
- Die Sichtbarkeit des ganzen Blocks wird mit der Blockreferenzebene kontrolliert.
- Beim Ausschalten der Blockreferenzebene wird der gesamte Block unabhängig von den Ebenen, denen die Geometrie selbst zugewiesen ist, verborgen.
- Objekten im Block können bestimmte Eigenschaften mit der Option **Nach übergeordnet** zugewiesen werden. So nehmen die Objekte ein eigenständiges Verhalten an, wenn sie in einem Block gruppiert sind.
- Objekteigenschaften wie die Anzeigefarbe, die Plotfarbe und die Plotbreite können "Nach übergeordnet" zugewiesen werden.



- "Nach übergeordnet" zugewiesene und in einem Block gruppierte Objekte zeigen ein chamäleonartiges Verhalten. Sie verändern sich, um die Farbe und die Plotwichtung der Blockreferenzebene anzuzeigen.
- Dank dieser Funktion kann ein Block anders aussehen, ohne dass dabei ein separater Block erzeugt werden muss.
- Die zum Zeitpunkt der Blockdefinition aktuelle Ebene hat keinen Einfluss auf die Blockdefinition selbst.
- Die Ebenen der Objekte in der Blockdefinition und die zum Zeitpunkt des Einsetzens einer Instanz aktuelle Ebene spielen eine Rolle hinsichtlich des Verhaltens der Blockinstanzen in Bezug auf die Sichtbarkeit und Darstellung.

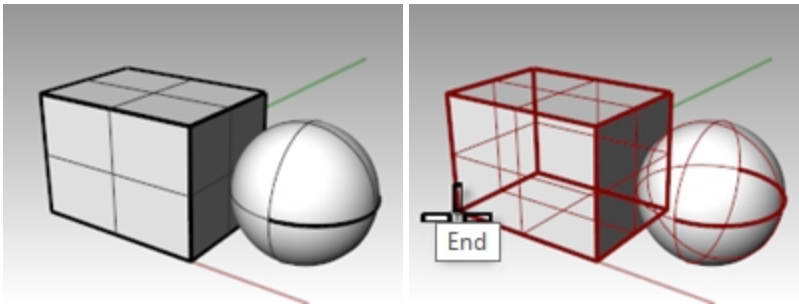
## Blöcke

Blockdefinitionen können am Einfachsten mit dem Befehl **Blockbearbeitung** oder durch einen Doppelklick auf eine Blockinstanz bearbeitet werden. Beim Bearbeiten eines verknüpften Blocks wird die verknüpfte Datei in einer neuen Instanz von Rhino geöffnet, wobei die alte Rhino-Instanz solange deaktiviert bleibt, bis die neue Instanz geschlossen wird.

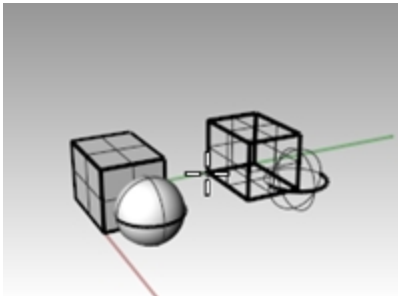
### Übung 15-1 Grundlegendes zu den Blöcken

#### Erstellung eines Blocks

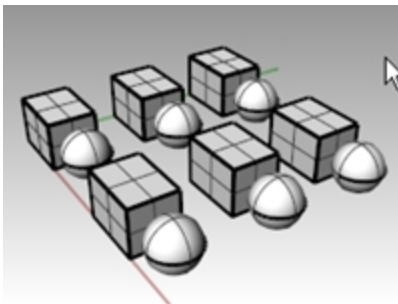
1. Starten Sie ein neues Modell.
2. Zeichnen Sie einen **Quader** und eine **Kugel** in der Nähe des Ursprungs.
3. **Wählen** Sie die zwei Objekte aus.
4. Verwenden Sie den Befehl **Block** (*Menü Bearbeiten: Blöcke > Blockdefinition erzeugen*), um einen Block zu erstellen.
5. Fangen Sie als **Basispunkt des Blocks** einen der Eckpunkt des Quaders. Der ausgewählte Punkt wird zum Einfügungspunkt für den Block.



6. Geben Sie im Dialogfenster **Eigenschaften der Blockdefinitionen** im Feld **Name** den Wert **Test 1** ein und klicken Sie auf **OK**.
7. Verwenden Sie den Befehl **Einfügen** (*Menü Datei: Einfügen*), um den neuen Block einzufügen.
8. Wählen Sie in der Dropdownliste im Dialogfenster **Einsetzen** den Eintrag **Test 1** aus.  
Stellen Sie sicher, dass Sie ihn als **Blockinstanz** und nicht **Als Gruppe** oder **Einzelne Objekte** einfügen.
9. Akzeptieren Sie die Standardwerte für **Skalierung** und **Drehung**.
10. Platzieren Sie den Block an einer beliebigen Stelle.  
Achten Sie darauf, wie der Cursor der Position folgt, die Sie beim Erzeugen des Blocks als Basispunkt angegeben haben. Das ist der Einfügungspunkt.

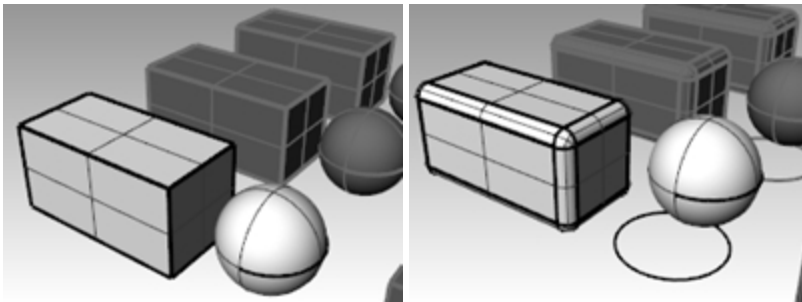
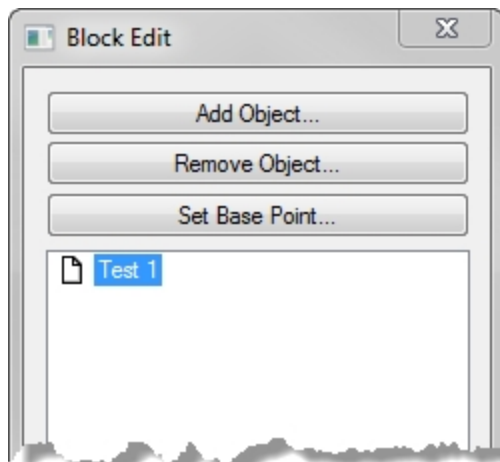


11. **Wählen** Sie die Blockinstanz aus und machen Sie eine oder zwei weitere Kopien der Instanz unter Verwendung des Befehls **Kopieren**.

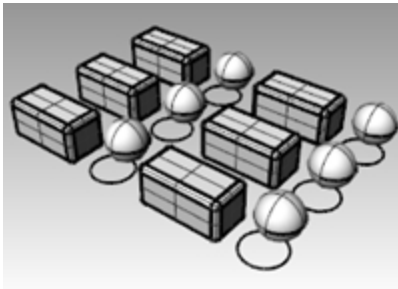


### Neudefinieren eines Blocks

1. **Doppelklicken** Sie auf eine der Blockinstanzen.
2. Dadurch wird der Dialog **Blockbearbeitung** geöffnet, die Originalgeometrie an der Position des Blocks zurückgegeben und alle anderen Blöcke in dunklen Farben schattiert.  
Kugel und Quader können nun einzeln ausgewählt werden.
3. Verwenden Sie **KanteVerrunden** zum Verrunden der Kanten des Quaders, **Verschieben** Sie die Kugel ein wenig und fügen Sie einen **Kreis** hinzu.



4. Klicken Sie im Dialogfenster **Blockbearbeitung** auf **OK**.  
Nun werden die anderen Instanzen des Blocks, die vorher kopiert und platziert wurden, ebenfalls aktualisiert und erhalten dasselbe Aussehen wie der neu definierte Block. Anstatt eines Quaders und einer Kugel verfügen die Blöcke nun über einen verrundeten Quader, eine verschobene Kugel und einen Kreis.



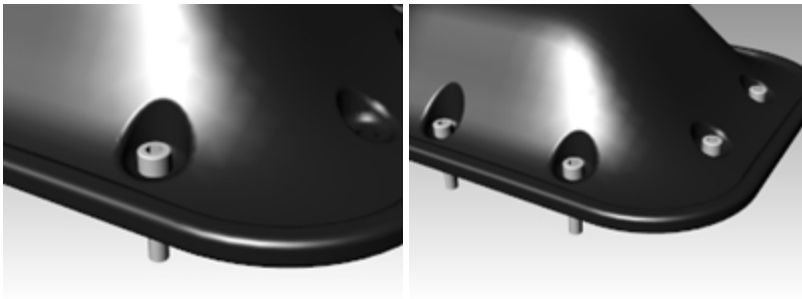
## Dateien als Blöcke

Der Befehl **Einsetzen** verfügt über Optionen für Einfügungspunkt, Skalierung und Drehung. Der Block kann als Blockinstanz, Gruppe oder einzelne Objekte eingefügt werden.

### Übung 15-2 Einsetzen von Dateien als Blöcke

1. Öffnen Sie das Modell **Blöcke-mm.3dm**.
2. Stellen Sie die Ebene **Befestigungselemente** als aktuelle Ebene ein.
3. Verwenden Sie den Befehl **Einfügen** (*Menü Datei: Einfügen*), um das Modell **FILH-M6-1.0-25.3dm** einzufügen.
4. Wählen Sie im Dialogfenster **Einfügen** die Option **Als Blockinstanz einfügen** und klicken Sie auf **OK**.
5. Wählen Sie im Dialogfenster **Optionen für Datei einfügen** die Option **Einfügen und verknüpfen** und klicken Sie auf **OK**.
6. Fangen Sie als **Einfügungspunkt** die Mitte einer der Öffnungen des Deckels.
7. **Kopieren** Sie die Zylinderschraube in alle anderen Öffnungen.



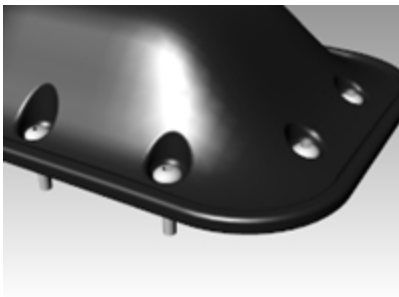


### Ändern des Blocks

1. Starten Sie den Befehl **Blockmanager** (*Menü Bearbeiten: Blöcke > Blockmanager*).
2. Wählen Sie die Blockdefinition für die Zylinderschraube, die Sie eingefügt haben.
3. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Eigenschaften**.
4. Geben Sie als **Namen der Blockdefinition** den Wert **Befestigungselemente** ein.
5. Klicken Sie neben dem **Dateinamen** auf die Schaltfläche **Durchsuchen**, wählen Sie die Datei **RH-M6-1.0-25.3dm** und bestätigen Sie mit **Öffnen**.
6. Klicken Sie im Dialogfenster **Eigenschaften der Blockdefinitionen** auf **OK**.
7. Klicken Sie im **Blockmanager** auf **Aktualisieren**.

Aus den Zylinderschrauben wurden nun Rundkopfschrauben und die Farbe wurde ebenfalls geändert, damit sie mit der Ebenenfarbe der Einfügungsebene übereinstimmt.

**Hinweis:** Sogar in einer kleinen Datei wie dieser kann der Größenunterschied von Bedeutung sein. Wenn Sie in dieser Datei die Zylinderschrauben importiert und kopiert hätten, wäre die Datei ca. 35-40 Prozent größer als mit Blockinstanzen. Die Verwendung von Blöcken hilft dabei, bekannte Probleme großer Dateien zu verhindern.





# Kapitel 16 - Problembehandlung

Die Werkzeuge zur Fehlerbehebung werden meistens für die Reparatur von aus anderen Programmen importierten Dateien verwendet.

Es kann vorkommen, dass einige Rhino-Operationen "schlechte Objekte" erzeugen. Schlechte Objekte können Befehlsfehler verursachen sowie nicht richtig schattieren, rendern oder exportieren.

Es ist daher sinnvoll, den Befehl **Überprüfen** (*Menü Analysieren: Diagnose > Überprüfen*) oder **FehlerhafteObjekteAuswählen** (*Menü Analysieren: Diagnose > Fehlerhafte Objekte auswählen*) während des Modellierens öfter zu verwenden. Wenn Sie Fehler sofort entdecken, können die Objekte einfacher repariert werden, als wenn das fehlerhafte Teil zur Erzeugung anderer Objekte verwendet wird.

Wenn Sie ein gerendertes oder Polygonnetzobjekt erstellen möchten, können einige Fehler ignoriert werden, solange diese die Konstruktion des Modells in einer späteren Phase nicht behindern.

Bei Objekten, die zur weiteren Bearbeitung oder Herstellung als NURBS exportiert werden sollen, sollten Sie so viele Fehler wie möglich beseitigen.

## Allgemeine Strategie

Die Schritte zur Fehlerbeseitigung sind dieselben bei nativen Rhino-Dateien und bei aus anderen Programmen importierten Dateien. Mit der Zeit werden Sie Problemmuster entdecken und Vorgehensweisen entwickeln, um diese zu lösen.

Obwohl die verwendeten Techniken je nach Datei sehr unterschiedlich sind, werden wir uns auf eine allgemeine Strategie zur Reparatur von problembehafteten Dateien konzentrieren.

## Beginnen Sie mit einer sauberen Datei

Sie können sich später viel Arbeit bei der Fehlerbeseitigung ersparen, wenn Sie im Ausgangsprogramm ein wenig Zeit investieren, um eine "saubere" Datei zu exportieren. Leider ist dies nicht immer möglich.

### Anleitung zur Reparatur von Dateien

1. **Verbergen** oder **löschen** Sie zusätzliche Daten.
2. Verwenden Sie den Befehl **DuplikatAuswählen** (*Menü Bearbeiten: Objekte auswählen > Duplizierte Objekte*), um duplizierte Einheiten zu finden und löschen oder verschieben Sie diese zur späteren Verwendung auf eine "duplizierte" Ebene.
3. **Verbergen** Sie Kurven und Punkte.
4. Verwenden Sie den Befehl **FlächeAuswählen** (*Menü Bearbeiten: Objekte auswählen > Flächen*), um alle Flächen auszuwählen, oder den Befehl **FlächenverbändeAuswählen** (*Menü Bearbeiten: Objekte auswählen > Flächenverbände*), um alle Flächenverbände auszuwählen.
5. **Invertieren** (*Menü Bearbeiten: Objekte auswählen > Invertieren*) Sie die Auswahl und verschieben Sie die ausgewählten Elemente auf eine andere Ebene und deaktivieren Sie diese. Nun sehen Sie nur noch Flächen oder Flächenverbände auf dem Bildschirm.
6. Überprüfen Sie, ob fehlerhafte Flächen vorhanden sind.  
Mit den Befehlen **Überprüfen** und **FehlerhafteObjekteAuswählen** können Sie bestimmen, ob Flächen im Modell Fehler in ihren Datenstrukturen aufweisen. Verschieben Sie diese Flächen zur späteren Reparatur auf eine Ebene für "fehlerhafte Flächen".  
Wenn das fehlerhafte Objekt ein Flächenverband ist, verwenden Sie den Befehl **FehlerhafteFlächelösen**, um die fehlerhaften Flächen aus dem Originalflächenverband zu lösen.  
Danach können Sie die fehlerhaften Flächen reparieren und den Befehl **Verbinden** verwenden, um diese erneut an den "guten" Teil des Flächenverbands anzuhängen.
7. Verwenden Sie die **schattierte** Ansicht und untersuchen Sie das Modell visuell.  
Sieht es so aus, wie Sie erwartet haben?  
Fehlen Flächen?  
Sind die Flächen länger, als sie sein sollten?  
Die Trimmkurven für die Reparatur befinden sich vielleicht auf der Ebene für "Duplikate".
8. Sehen Sie sich die Einstellung für **Absolute Toleranz** im Dialogfenster **Dokumenteigenschaften** im Abschnitt **Einheiten** an.  
Sind die Werte angemessen? Die Freiformflächenmodellierung benötigt eine intelligente Anpassung der

Modellierungstoleranzen. Flächenkanten werden an angrenzende Flächenkanten innerhalb der definierten Modellierungstoleranz angepasst. Je genauer die Toleranz, desto komplexer werden diese Flächen und die Leistung des Systems leidet darunter. Es ergibt beispielsweise keinen Sinn, Kanten einer sehr strikten Toleranzeinstellung zu unterwerfen, die vom Herstellungsprozess oder der Präzision der Eingabedaten nicht unterstützt wird.

9. **Verbinden** Sie (*Menü Bearbeiten: Verbinden*) die Flächen.

Beim Verbinden werden Kanten verbunden, wenn sie innerhalb der angegebenen Modellierungstoleranz liegen. Wenn sie sich außerhalb der Toleranz befinden, werden sie nicht verbunden. Die Geometrie wird durch die Verbindung nicht geändert. Es wird nur angezeigt, dass die Kanten nahe genug beieinander liegen, um als übereinstimmend betrachtet werden, woraufhin eine der Kanten vernachlässigt wird.

Betrachten Sie die Resultate in der Befehlszeile. Haben Sie so viele Flächenverbände erhalten, wie Sie wollten?

Nach dem Import einer IGES-Datei sind manchmal doppelte Flächen vorhanden. Meistens ist eine davon vollständig, während in der anderen interne Trimmungen fehlen. Wenn der Befehl Verbinden ausgeführt wird, haben Sie keine Kontrolle darüber, welche der beiden Flächen ausgewählt wird. Wenn Sie denken, dass das passiert ist, versuchen Sie, zwei offene Kanten zu verbinden. Befindet sich keine offene Kante dort, wo eine sein sollte, machen Sie die Verbindung rückgängig und wählen Sie die duplizierten Flächen aus. Löschen Sie die weniger vollständigen Flächen und führen Sie den Befehl Verbinden erneut aus.

10. Überprüfen Sie, ob **offene Kanten** vorhanden sind .

Offene Kanten sind Flächenkanten, die mit keiner anderen Fläche verbunden sind. Während des **Verbindungsprozesses** waren die zwei Kanten weiter voneinander entfernt als die definierte Modellierungstoleranz. Der Grund kann eine nachlässige Modellierung am Anfang, eine irreführende Toleranzeinstellung in der importierten IGES-Datei oder duplizierte Flächen sein. Sollten zu viele offene Kanten vorhanden sein, wenn Sie den Befehl **KantenAnzeigen** (*Menü Analysieren: Kantenwerkzeuge > Kanten anzeigen*) ausführen, machen Sie eventuell das **Verbinden** rückgängig und entspannen Sie die absolute Toleranz, und versuchen Sie es erneut mit **Verbinden**. Es kann sein, dass die ursprüngliche Modellierung mit einer größeren Toleranz durchgeführt wurde und dann mit einer kleineren Toleranz exportiert wurde.

**Hinweis:** Sie können die Toleranzanpassung zwischen den Flächen nicht ohne erhebliche Neumodellierung verbessern.

11. **Verbinden** Sie offene Kanten oder modellieren Sie neu.

Die Verbindung offener Kanten bringt nicht nur Vorteile mit sich. Es ist ein Tauschgeschäft und kann später zu Problemen führen. Wenn Sie die Kanten für einen späteren Import als Volumenkörper in einen Volumenkörpermodellierer oder für eine Operation wie die Erzeugung einer STL-Datei verwenden möchten, stellt die Verwendung des Befehls **KantenVerbinden** (*Menü Analysieren: Kantenwerkzeuge > 2 offene Kanten verbinden*) kein Problem dar. Beim Schneiden von Schnittkurven und bei anderen Operationen zur "Kurvenerhaltung" werden die Schnittkurven Lücken aufweisen, wenn sie Kanten überqueren, die außerhalb der Toleranz verbunden wurden. Die zu überspannende Lücke wird vor dem Verbinden angezeigt. Wenn die Lücke kleiner als die doppelte Toleranz ist, können Sie problemlos weiterarbeiten. Wenn die Lücke zu groß ist, sollten Sie die Flächen bearbeiten oder neu aufbauen, um die Lücke zu verkleinern. Verbinden und KantenVerbinden ändern die Flächengeometrie nicht. Sie zeigen nur an, dass die Kanten innerhalb der definierten Toleranz übereinstimmen.

12. **Reparatur** der fehlerhaften Flächen.

Es ist ratsam, die fehlerhaften Flächen einzeln zu reparieren und sie nach und nach mit dem Flächenverband zu verbinden. Die folgenden Maßnahmen sind geeignet, die vom Befehl **Überprüfen** gefundenen Probleme zu beseitigen. Geordnet sind sie von der am wenigsten destruktiven Methode hin zur radikalsten.

- **Kanten neu aufbauen.**
- **Trimmkurven abtrennen** und neu trimmen.
- **Flächen neu aufbauen** (Flächen ändern ihre Form).
- **Flächen ersetzen** - Kanten aus umgebenden Flächen ableiten, Schnittkurven durch fehlerhafte Flächen schneiden und Ersatzflächen aus den gesammelten Kurven erstellen.

13. **Überprüfung** auf **fehlerhafte Objekte**.

Manchmal kann die Verbindung von fehlerfreien Flächen einen Flächenverband ergeben, der bei der Überprüfung eine Fehlermeldung anzeigt. Im Allgemeinen hat dies seine Ursache in winzigen Segmenten in den Rand- oder Trimmkurven, die kleiner als die Modellierungstoleranz sind.

14. Lösen Sie die angrenzenden Flächen, überprüfen Sie sie, verwenden Sie den Befehl **KantenVereinigen** (*Menü*

*Analysieren: Kantenwerkzeuge > Kanten vereinigen*), um diese kleinen Segmente zu entfernen, und verbinden Sie sie erneut.

Bei erfolgreicher Durchführung haben Sie nun einen geschlossenen Flächenverband, der bei der **Überprüfung** keine Fehler oder offenen Kanten aufweist. Bei der wiederholten Verbindung und Reparatur von Flächen ist es sinnvoll, von Zeit zu Zeit den Befehl **Überprüfen** auszuführen.

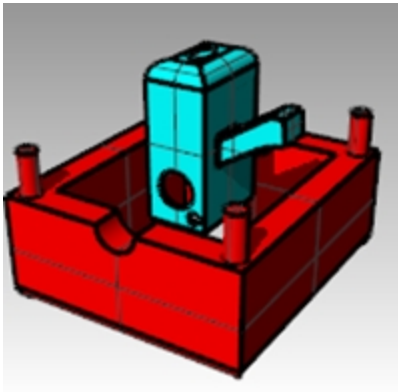
15. **Exportieren.**

Wenn das Modell fehlerfrei repariert wurde, können Sie es für den späteren Import in einer anderen Anwendung als IGES, Parasolid oder STEP exportieren.

## Übung 16-1 Anwendung der Methoden

### Anwendung der Methoden

1. **Öffnen** Sie das Modell **Überprüfen 01.3dm**.  
Diese Datei enthält ein fehlerhaftes Objekt.
2. Finden Sie das fehlerhafte Objekt, reparieren Sie es, trimmen Sie es wieder und verbinden Sie die Flächen erneut.
3. **Öffnen** Sie die Datei **Überprüfen 02.igs**.  
Diese Datei weist verschiedene Probleme auf. Sie ist stellvertretend für übliche Probleme mit IGES-Dateien.
4. Suchen Sie nach der Reparatur und Trimmung des fehlerhaften Objekts andere Objekte im Modell, die nicht richtig getrimmt erscheinen.





# Kapitel 17 - Polygonnetze

In Rhino ist ein Polygonnetz eine Sammlung von Scheitelpunkten, Kanten und Seiten. Ein Polygonnetz kann zur Approximierung von Flächen und Volumenkörper in Rhino verwendet werden. Das Polygonnetz wird aus dem Rhino-Modell für Herstellungsweisen wie CNC und 3D-Druck erzeugt. Das Polygonnetz wird auch zum Rendern verwendet sowie für Analysen wie Gaußsche Krümmung, Erkennung von Werkzeugschaftkollisionen und FEA.

Obwohl Rhino hauptsächlich ein NURBS-Flächenmodellierer ist, enthält es einige Werkzeuge zur Erzeugung und Bearbeitung von Polygonnetzobjekten.

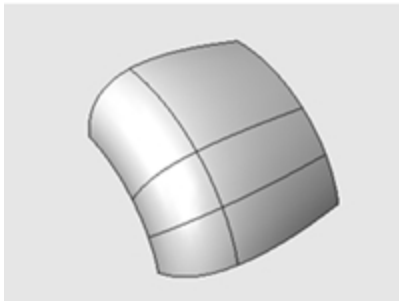
Sie werden sich daher verschiedene Methoden zur Erzeugung und Bearbeitung von Polygonnetzen für unterschiedliche Zwecke ansehen. Bei der Bestimmung der besten Methode für die Polygonnetzerzeugung ist es wichtig, spätere Anforderungen im Auge zu behalten. Bei einem Polygonnetz zum Rendern sind andere Einstellungen nötig als bei einem, das physisch hergestellt (maschinelle Fertigung oder Prototyping) werden soll.

## Renderpolygonnetze

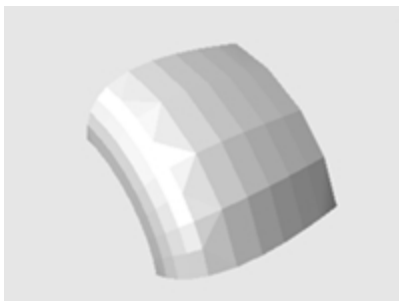
Bei der Polygonnetzerzeugung für das Rendering sind Äußeres und Geschwindigkeit die wichtigsten Aspekte. Um das gewünschte Äußere zu erhalten, sollten Sie ein Polygonnetz mit so wenigen Polygonen wie möglich erzeugen. Die Anzahl der Polygone beeinflusst die Leistung, wobei zu wenige Polygone aber eventuell nicht die Qualität liefern, die Sie für das Schlussrendering benötigen. Im Allgemeinen gilt: Wenn das Äußere stimmt, haben Sie die richtigen Einstellungen gewählt.

## Polygonnetze für die Fertigung

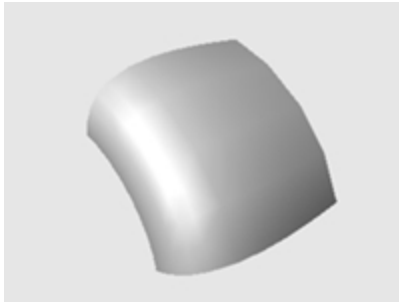
Das Erstellen von Polygonnetzen für die Fertigung ist eine völlig andere Geschichte. Ihr Ziel sollte dabei eine möglichst kleine Abweichung des Polygonnetzes von der NURBS-Fläche sein. Das Polygonnetz ist eine Annäherung an die NURBS-Fläche und jede Abweichung von der NURBS-Fläche kann im fertigen Herstellungsteil sichtbar sein.



Wenn das Polygonnetz zur Herstellung nicht exakt genug ist, werden Sie sichtbare Polygonkanten auf Ihren Endprodukten finden.

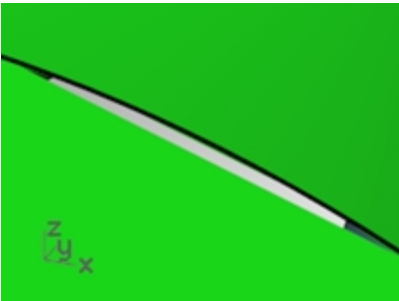


Unter Verwendung der gleichen Polygonnetzeinstellung kann das Renderingsystem Polygonkanten ausblenden und das Polygonnetz visuell "glätten", um ein glatteres Aussehen zu erhalten.

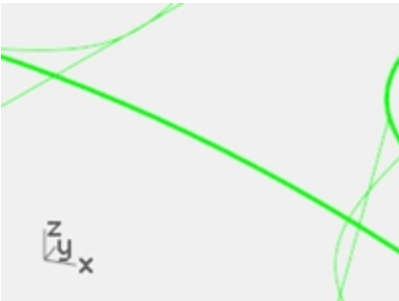


### Übung 17-1 Mit Polygonnetzeinstellungen experimentieren

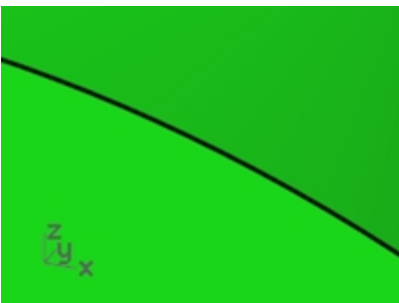
1. **Öffnen** Sie das Modell **Polygonnetzerzeugung.3dm**.
2. **Schattieren** Sie das **Perspektivische Ansichtsfenster** und überprüfen Sie die gekrümmte Kante zwischen den Flächen.
3. Dadurch können Sie eine Reihe von Lücken erkennen, durch die die Hintergrundfarbe durchscheint.



4. Stellen Sie erneut auf Gitternetzansicht um.  
Die Kanten scheinen genau übereinzustimmen. Die Lücken, die Sie in der schattierten Ansicht gesehen haben, wurden durch das Polygonnetz erzeugt, das Rhino zur Erstellung von schattierten und gerenderten Ansichten verwendet. Die Polygone sind an den Kanten so grob, dass sie als einzelne Facetten klar sichtbar sind.



5. Klicken Sie im Dialogfenster **Dokumenteigenschaften** im Abschnitt **Polygonnetz** auf **Glatt & langsamer**.
6. Überprüfen Sie die gekrümmte Kante zwischen den Flächen.  
Die gewölbte Fläche ist glatter und sieht sauberer aus, wobei die Kanten immer noch Lücken aufweisen. Sie könnten zwar die Benutzerdefinierten Einstellungen zur Verfeinerung des schattierten Polygonnetzes und der Entfernung der gezackten Kanten verwenden, würden dadurch aber alle Renderpolygonnetze im Modell beeinflussen. Dadurch wird die zur Erzeugung von Polygonnetzen benötigte Zeit erhöht und die Leistung für Schattierung und Rendering verringert.
7. Verbinden Sie angrenzende Flächen, um die Lücken ohne Verfeinerung der Netzeinstellungen zu löschen.





8. **Verbinden** Sie die drei Flächen.

Das Polygonnetz wird entlang jeder Seite der verbundenen Kanten verfeinert, damit diese über den Kanten genau übereinstimmen. Die vorher sichtbaren Lücken werden so gelöscht.

Zur Reduzierung der Zeit zum Schattieren des Modells beim erneuten Öffnen des Modells werden die Polygonnetze mit der Datei gespeichert. Diese Polygonnetze können sehr groß sein und die Dateigröße beträchtlich erhöhen.

9. Klicken Sie im Menü **Datei** auf **Kompakt speichern**.

Die Datei wird ohne Rendernetze und Bitmap-Vorschau gespeichert, um Speicherplatz zu sparen.



**Hinweis:** Die durch Render- und Schattierungsmodi auf NURBS-Flächen und -Flächenverbänden erzeugten Polygonnetze sind in der Gitternetzanzeige unsichtbar, nicht bearbeitbar und vom NURBS-Objekt untrennbar. Rendernetze können für das aktuelle Modell im Dialogfenster **Dokumenteigenschaften** im Abschnitt **Polygonnetz** eingestellt werden. Außerdem können Sie die **Konfiguration des Rendernetzes** objektspezifisch im Dialogfenster **Objekteigenschaften** anpassen.

## Polygonnetze aus NURBS-Objekten

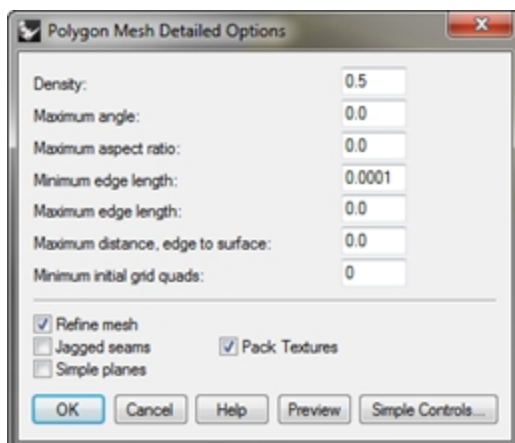
Die mit dem Befehl **Polygonnetz** erzeugten Polygonnetze sind sichtbar und bearbeitbar und können von den NURBS-Objekten getrennt werden, aus denen sie erzeugt wurden.

Rhino verfügt über zwei Methoden zur Steuerung der Netzdichte: **Einfache Einstellungen** oder **Genauere Einstellungen**. In den **Einfachen Einstellungen** wird ein Schieberegler verwendet, um die Dichte und die Anzahl der Polygone grob zu steuern. In den **Genauen Einstellungen** können Sie sieben Einstellungen ändern und vier Kontrollkästchen aktivieren, um die Erzeugung des Polygonnetzes zu steuern.

Das Polygonnetz wird in drei Schritten anhand detaillierter Kriterien erzeugt: Anfängliches Quadrat, Verfeinerung und Anpassung der Trimmbegrenzungen. Diese Schritte sind nicht sichtbar; sie werden automatisch durchgeführt.

In der folgenden Übung lernen Sie jede der sieben Genauen Einstellungen des Befehlsdialogs von **Polygonnetz** kennen und werden sehen, wie sie sich auf Polygonnetzerzeugung auswirken.

### Genauere Einstellungen des Polygonnetzes



#### Dichte

Verwendet eine Formel, um zu steuern, wie weit sich die Polygonkanten von der Originalfläche entfernt befinden. Werte zwischen 0 und 1. Größere Werte erzeugen ein Polygonnetz mit höherer Polygonzahl.

**Maximaler Winkel**

Maximaler Winkel zwischen angrenzenden Seiten im Polygonnetz. Kleinere Werte ergeben eine langsamere Polygonnetzerzeugung, genauere Polygonnetze und eine höhere Polygonzahl.

**Maximales Seitenverhältnis**

Maximales Seitenverhältnis von Dreiecken in den Quadraten des anfänglichen Gitters.

**Minimale Kantenlänge**

Größere Werte führen zu einer schnelleren Erzeugung der Polygonnetze, ungenaueren Polygonnetzen und einer niedrigeren Anzahl an Polygonen. Steuert die minimale Länge der Seiten von Quadraten und Dreiecken im Polygonnetz.

**Maximale Kantenlänge**

Kleinere Werte ergeben eine langsamere Polygonnetzerzeugung und eine höhere Polygonzahl mit mehr gleichgroßen Polygonen. Wenn Polygonnetz verfeinern ausgewählt ist, werden Polygone verfeinert, bis alle Polygonkanten kleiner als dieser Wert sind. Es handelt sich auch um die maximale Kantenlänge der Quadrate im anfänglichen Polygonnetz.

**Maximaler Abstand Kante zu Fläche**

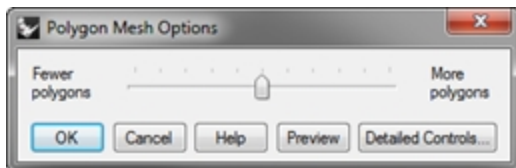
Kleinere Werte ergeben eine langsamere Polygonnetzerzeugung, genauere Polygonnetze und eine höhere Polygonzahl. Wenn Verfeinern ausgewählt ist, werden Polygone verfeinert, bis der Abstand vom Mittelpunkt einer Polygonkante zur NURBS-Fläche kleiner als dieser Wert ist. Es handelt sich auch um den maximalen Abstand von den Mittelpunkten der Polygonkanten zur NURBS-Fläche im anfänglichen Polygonnetz.

**Minimale Quadrate des anfänglichen Gitters**

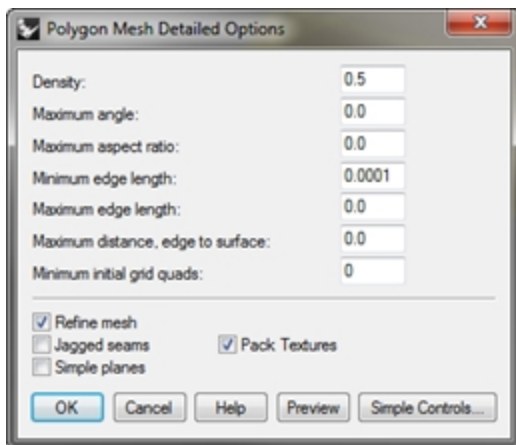
Größere Werte ergeben eine langsamere Polygonnetzerzeugung, genauere Polygonnetze und eine höhere Polygonzahl mit mehr gleichmäßig verteilten Polygonen. Dies ist die minimale Anzahl von Quadraten im Polygonnetz, bevor andere Verfeinerungen angewendet werden. Wenn Sie dafür eine Zahl definieren und alle anderen Werte auf 0 einstellen, wird das das Ausgabenetz sein.

**Erzeugung eines Polygonnetzes mit genauen Einstellungen**

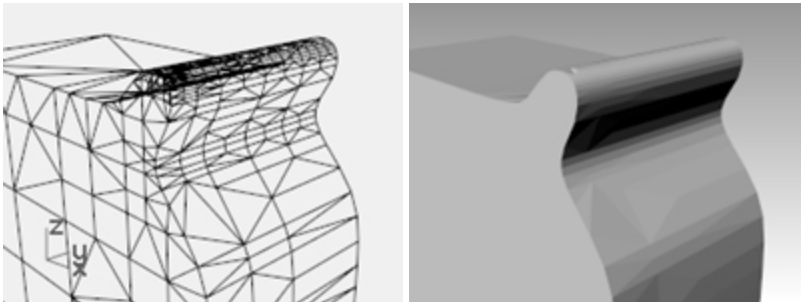
1. Wählen Sie das Objekt aus.
2. Starten Sie den Befehl **Polygonnetz** (*Menü Polygonnetz: Aus NURBS-Objekt*).  
Das Dialogfenster **Polygonnetzooptionen** wird geöffnet.



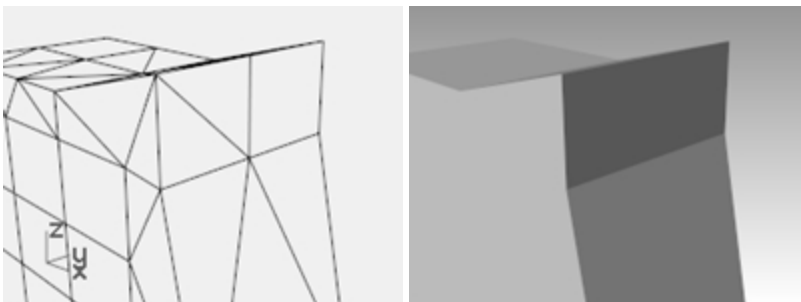
3. Klicken Sie im Dialogfenster **Polygonnetzooptionen** auf **Genauere Einstellungen**.
4. Das Dialogfenster **Genauere Einstellungen des Polygonnetzes** wird geöffnet.  
Diese Einstellungen werden in der Windows-Registrierung gespeichert, wenn Sie Rhino beenden.
5. Stellen Sie im Dialogfenster **Genauere Einstellungen des Polygonnetzes** Folgendes ein, wenn es nicht bereits definiert ist:  
Dichte=0.5  
Maximaler Winkel=0.0  
Maximales Seitenverhältnis=0.0  
Minimale Kantenlänge=0.0001  
Maximale Kantenlänge=0.0  
Maximaler Abstand Kante zu Fläche=0.0  
Minimale Quadrate des anfänglichen Gitters=0  
Aktivieren Sie die Option **Polygonnetz verfeinern**.  
Deaktivieren Sie die Option **Gezackte Nähte**.  
Deaktivieren Sie die Option **Einfache Ebenen**.  
Aktivieren Sie die Option **Texturen komprimieren**.



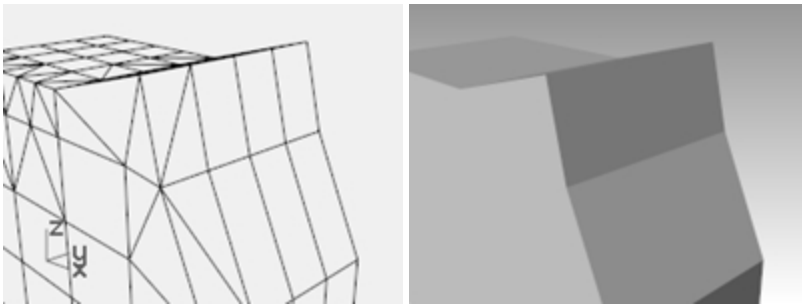
6. Klicken Sie auf **OK**.  
Es wurde ein Polygonnetz mit den Standardeinstellungen erzeugt.
7. **Verbergen** Sie den ursprünglichen Flächenverband, wählen Sie den Ansichtsfenstermodus **Gerendert** und verwenden Sie den Anzeigemodus **Flachschattierung** zur Anzeige des Outputs.  
Der Anzeigemodus **Flachschattierung** zeigt, wie das Modell aussehen würde, wenn es mit dieser Netzdichte für Prototyping oder Maschinenherstellung produziert würde.



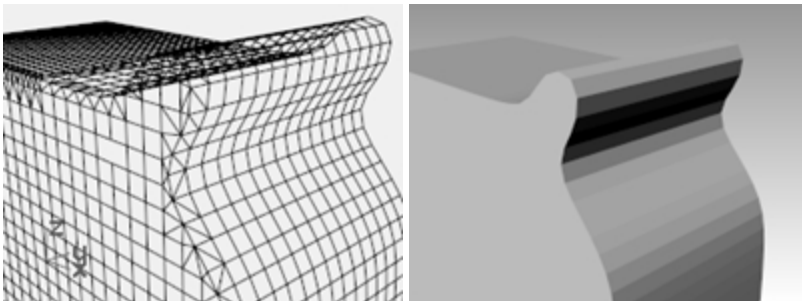
8. Machen Sie die vorherige Operation **rückgängig**, wiederholen Sie den Befehl **Polygonnetz** und nehmen Sie folgende Änderungen im Dialogfenster **Genauere Einstellungen des Polygonnetzes** vor:  
Maximaler Winkel=0.0  
Maximales Seitenverhältnis=2.0
9. Klicken Sie auf **OK**.  
Beachten Sie die Änderungen in der Polygonzahl, die Polygonnetzform und die Qualität des flachschattierten Polygonnetzes.



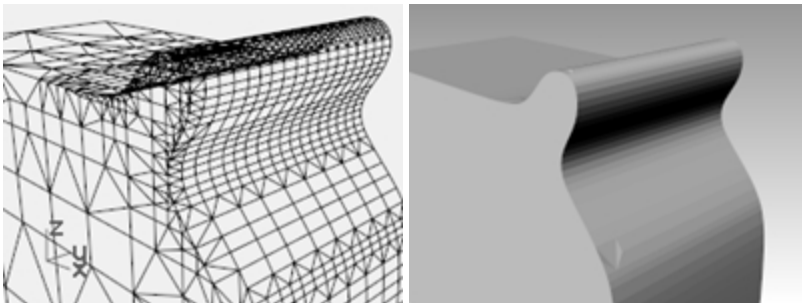
10. Machen Sie die vorherige Operation **rückgängig**, wiederholen Sie den Befehl **Polygonnetz** und nehmen Sie folgende Änderungen im Dialogfenster **Genauere Einstellungen des Polygonnetzes** vor:  
Minimale Quadrate des anfänglichen Gitters=16  
Beachten Sie die Änderungen in der Polygonzahl, die Polygonnetzform und die Qualität des flachschattierten Polygonnetzes.



11. Machen Sie die vorherige Operation **rückgängig**, wiederholen Sie den Befehl **Polygonnetz** und nehmen Sie folgende Änderungen im Dialogfenster **Genaue Einstellungen des Polygonnetzes** vor:  
Minimale Quadrate des anfänglichen Gitters=500  
Beachten Sie die Änderungen in der Polygonzahl, die Polygonnetzform und die Qualität des flachschattierten Polygonnetzes.



12. Machen Sie die vorherige Operation **rückgängig**, wiederholen Sie den Befehl **Polygonnetz** und nehmen Sie folgende Änderungen im Dialogfenster **Genaue Einstellungen des Polygonnetzes** vor:  
Maximaler Abstand Kante zu Fläche=0.01  
Minimale Quadrate des anfänglichen Gitters=0  
Beachten Sie die Änderungen in der Polygonzahl, die Polygonnetzform und die Qualität des flachschattierten Objekts.



# Kapitel 18 - Rendering

Das Rendern der Modelle in Rhino ist einfach. Sie müssen lediglich Materialien und Lichter hinzufügen, um mit dem Rendern zu beginnen. Es gibt mehrere Befehle in der in Rhino integrierten Render-Engine, womit interessante Effekte erzeugt werden können.

In der folgenden Übung werden Sie mit und ohne Isokurven rendern, Farben, Transparenz und Umgebungslicht anpassen, um so Bilder mit speziellen Effekten zu erzeugen. Sie werden sich auch mit **Umgebungen**, **Texturen** und **Decals** beschäftigen, um das Rendering realistischer zu gestalten.

Mit dem Rhino-Anzeigemodus **Gerendert** erhalten Sie eine Vorschau Ihrer Materialien und Umgebungen ehe Sie rendern. Im Anzeigemodus **Raytracing** hingegen können Sie in Echtzeit in der Raytracing-Ansicht arbeiten. Der Anzeigemodus **Raytracing** verwendet die **Cuda-Kerne** auf Ihrer **Quadro**-Karte oder er kann für die Verwendung des CPU konfiguriert werden.

Rhino für Windows ist mit zahlreichen Plug-ins von Drittanbietern ausgestattet. Für fortgeschrittene Renderfunktionen probieren Sie andere auf der [Food4Rhino](#)-Website erhältliche Render-Plug-ins für Rhino aus.

## Übung 18-1 Rendering in Rhino

### Öffnen Sie das Modell und definieren Sie die Materialien

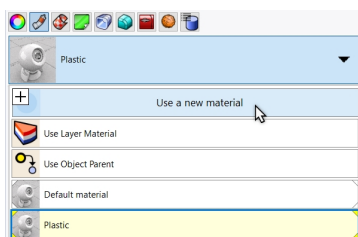
Wenn Sie Plug-ins von Drittanbietern verwenden, gehen Sie auf das Menü **Rendern**, klicken Sie auf **Aktueller Renderer** und dann auf **Rhino Render**.

Wenn Sie keine Plug-ins von Drittanbietern verwenden, kann dieser Schritt wahrscheinlich übersprungen werden, da **Rhino Render** bereits als aktueller Renderer eingestellt und die Ansicht **Perspektive** auf den Anzeigemodus **Gerendert** eingestellt ist.

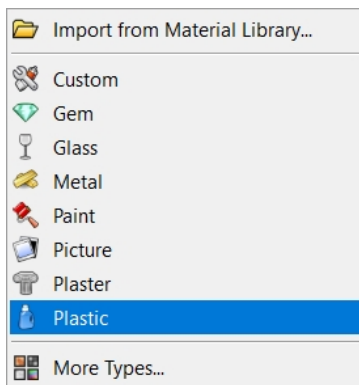
1. Öffnen Sie das Modell **Fertige Reinigungsmittelflasche.3dm**.



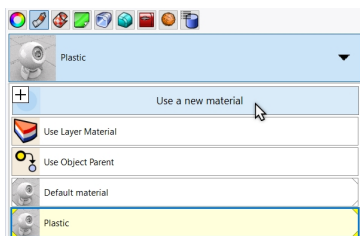
2. Klicken Sie im Menü **Rendern** auf **Aktueller Renderer** und anschließend auf **Rhino-Renderer**.
3. Wählen Sie die Flasche aus und klicken Sie im **Eigenschaften**-Panel auf die **Material**-Seite.
4. Klicken Sie auf den Pfeil neben **Ebenenmaterial verwenden** und wählen Sie die Schaltfläche **Neues Material verwenden**.



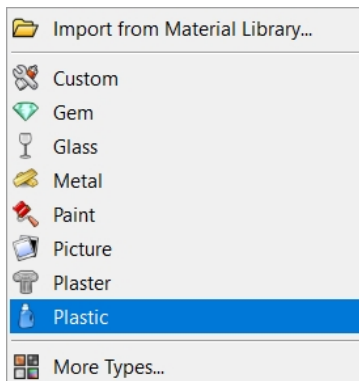
5. Im Pop-up-Menü wählen Sie die Materialvorlage **Kunststoff**.



6. In der neuen Materialkonfiguration im **Materialien**-Panel nehmen Sie folgende Änderungen vor:  
Name: **Hellblau**  
Farbe: Hellblau (**R=163, G=163, B=194**)
7. Wählen Sie den Deckel aus und klicken Sie im **Eigenschaften**-Panel auf die **Materialseite**. Klicken Sie auf den Pfeil neben **Ebenenmaterial verwenden** und wählen Sie die Schaltfläche **Neues Material verwenden**.



8. Im Pop-up-Menü wählen Sie die Materialvorlage **Kunststoff**.



9. In der neuen Materialkonfiguration im **Materialien**-Panel nehmen Sie folgende Änderungen vor:  
Name: **Hellbraunes Plastik**  
Farbe: Hellbraun(**R=222, G=172, B=112**)
10. **Rendern** Sie das **perspektivische** Ansichtsfenster.

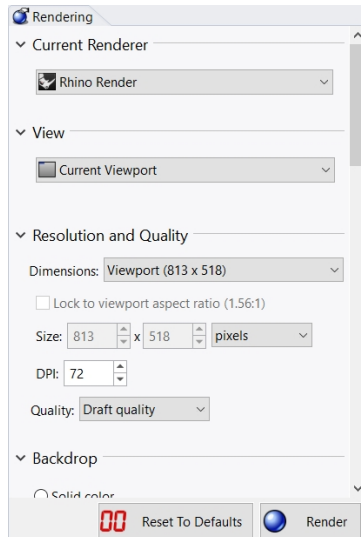


11. Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **Optionen**.
12. Im Dialogfenster **Optionen** scrollen Sie auf der Seite **Rendern** nach unten bis zum Abschnitt **Beleuchtung**, lassen Sie dort die Option **Himmelslicht** unmarkiert und markieren Sie stattdessen **Lichter auf deaktivierten Ebenen verwenden**.

**Anmerkung:**

Rhino verfügt über ein **Rendering**-Panel. Die Optionen des **Rendering**-Panels sind auch über die Seite **Rendern** des Dialogfensters **Optionen** zugänglich.

Um auf das **Rendering**-Panel zugreifen zu können, klicken Sie im **Panel**-Menü auf **Rendering** oder klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Panel-Reiter **Eigenschaften** und wählen Sie **Rendering** im Pop-up-Menü aus.



13. **Rendern** Sie das **perspektivische** Ansichtsfenster.



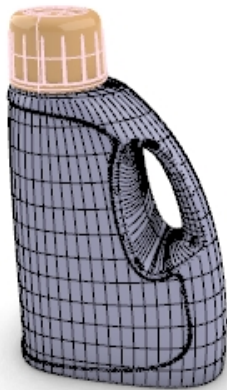
*Der Schatten der Flasche erscheint jetzt auf der Grundebene.*

**Rendern mit angezeigten Isokurven**

1. Klicken Sie im Menü **Werkzeuge** auf **Optionen**.
2. Scrollen Sie unter **Dokumenteigenschaften** auf der Seite **Rendern** nach unten zum Abschnitt **Gitternetz** und aktivieren Sie die Option **Flächenkanten und Isokurven rendern**.
3. **Rendern** Sie das **perspektivische** Ansichtsfenster.  
Die Gitterfarbe ist die gleiche wie die Ebenenfarbe, weil die Gitterfarbe des Objekts auf **Nach Ebene** eingestellt ist.



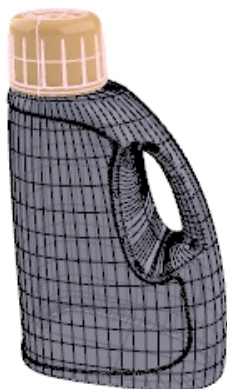
4. Wählen Sie den Flasche-Flächenverband aus.
5. Ändern Sie im **Eigenschaften**-Panel auf der **Objekt**-Seite die Einstellung der **Anzeigefarbe** von **Nach Ebene** auf **Schwarz**.
6. **Rendern Sie** das **perspektivische** Ansichtsfenster.  
Die Objekte werden mit schwarzen Isokurven gerendert.



### Rendern eines transparenten Materials mit angezeigten Isokurven

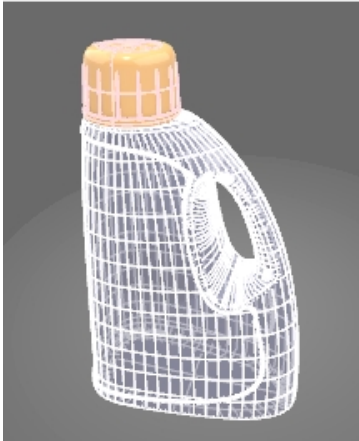
---

1. Wählen Sie den Flasche-Flächenverband aus.
2. Im **Eigenschaftenpanel**, auf dem Reiter der **Rendermaterialien**, ändern Sie **Hellblau** unter **Kunststoffmaterial** zu transparent, indem Sie den **Transparenzschieber** von **0** auf **50** Prozent setzen.
3. Als nächstes **Rendern Sie** das Ansichtsfenster **Perspektive**.  
Die Objekte werden mit schwarzen Isokurven gerendert und das Material ist transparent.





4. Wählen Sie den Deckel und die Flasche-Flächenverbände aus.
5. Ändern Sie im **Eigenschaften**-Panel auf der **Objekt**-Seite die Einstellung der **Anzeigefarbe** von **Nach Ebene** auf **Weiß**.  
Die Objekte werden mit weißen Isokurven gerendert und das Material ist transparent.
6. Experimentieren Sie etwas mit diesen zusätzlichen Einstellungen, um den gewünschten Effekt zu erhalten.
7. Aktivieren Sie die Ebene **Lichter** und passen Sie die Lichteigenschaften für feinere Änderungen an.
8. Auf dem **Grundebene**-Panel, unter **Gips**, klicken Sie auf das **Farbe**-Frame, um ein dunkles Grau für die Grundebene auszuwählen.
9. Als nächstes **Rendern** Sie das Ansichtsfenster **Perspektive**.



10. Drehen Sie die Ansicht, um mehr vom Horizont zu sehen. Wiederholen Sie **Rendern**.

## Rendereigenschaften

Mit dem Rhino-Materialeditor können Sie einem Material beliebige Kombinationen von Farben, Reflexionsvermögen, Transparenz, Glanzlichtern, vielfachen Bitmaps und Umgebungen zuweisen.

In der folgenden Übung werden wir Umgebung, Materialien und Lichter hinzufügen, benutzerdefiniertes Material erzeugen, Material bearbeiten, Decalbilder zu Objekten hinzufügen und eine Szene rendern.



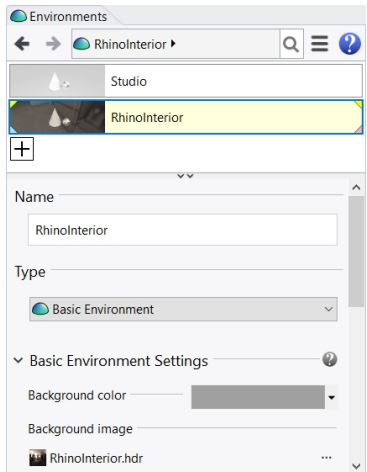
### Übung 18-2 Rendering mit Umgebungen

#### Einstellung der Rendereigenschaften

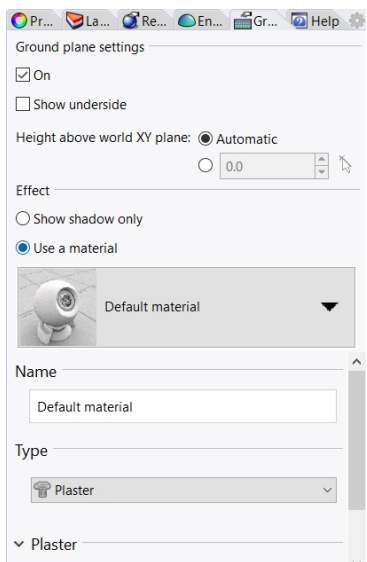
Die Rendereigenschaften umfassen Umgebungseinstellungen, Render- und Umgebungslichteinstellungen.

1. Öffnen Sie das Modell **Tasse.3dm**.
2. Öffnen Sie die **Panele** für **Umgebungen** und **Grundebene**, mit denen wir der Szene den Hintergrund und eine unendliche Grundfläche hinzufügen.  
Dies ist auch per Rechtsklick auf das **Eigenschaftenpanel** möglich.
3. Im **Umgebungen**-Panel definieren Sie den Hintergrund als **Umgebung**, indem Sie auf die gelbe Meldung oben auf dem **Umgebungen**-Panel klicken. Als Text erscheint:  
*Das aktuelle Hintergrundbild ist auf Solide Farbe eingestellt. Stellen Sie das Hintergrundmodell auf Umgebung ein.*

4. Als nächstes klicken Sie auf [+] um eine Umgebung hinzuzufügen, und im Pop-up-Menü klicken Sie auf **Aus Umgebungsbibliothek importieren**.
5. Doppelklicken Sie im Dialogfenster **Öffnen** auf **Umgebungen** und scrollen Sie durch die verfügbaren Umgebungen.
6. Klicken Sie auf **Rhino innen.renv** und dann auf **Öffnen**.
7. Um sie als aktuelle Umgebung einzustellen, doppelklicken Sie im **Umgebungen**-Panel auf **Rhino innen**. Die gelben Ecken zeigen an, dass **Rhino innen** jetzt die aktuelle Umgebung ist.



8. Auf dem **Grundebene**-Panel ist die Grundebene standardmäßig auf **Ein** gestellt. Im Abschnitt **Effekt** wählen Sie **Material verwenden**. Dadurch wird die Grundebene automatisch auf das **Standardmaterial** eingestellt. Jetzt können Sie der Grundebene ein benutzerdefiniertes Material zuweisen.
9. Kehren Sie stattdessen zu den Standardwerten zurück und wählen Sie **Nur Schatten anzeigen** erneut.



10. Stellen Sie das Ansichtsfenster **Perspektive** auf den Anzeigemodus **Gerendert**.

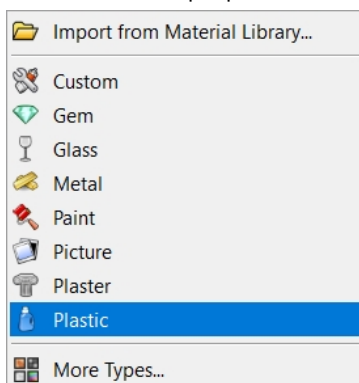


11. Klicken Sie im Menü **Render** auf **Rendern**.
12. Doppelklicken Sie im **Umgebungen**-Panel auf **Studio** um es als aktuelle Umgebung zu definieren.

13. Um die Umgebung zu bearbeiten, klicken Sie auf das untere Symbol im **Umgebungen**-Panel.
14. Im Abschnitt **Drehung** definieren Sie den Winkel auf **45**.



15. Im Dialogfenster **Optionen** scrollen Sie auf der **Render**-Seite nach unten bis zum Abschnitt **Beleuchtung** und heben Sie die Markierung für die Option **Himmelslicht** auf.
16. Auf dem Panel **Grundebene** im Abschnitt **Effekt** wählen Sie die Option **Material verwenden**.
17. Klicken Sie auf den Pfeil rechts von **Standardmaterial** und dann auf "+".
18. Wählen Sie im Pop-up-Menü **Kunststoff** als Materialvorlage.

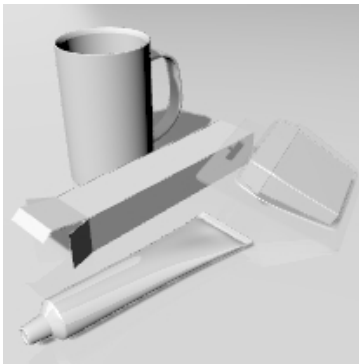


19. Stellen Sie im Abschnitt **Kunststoff** den Schieberegler für **Reflexionsvermögen** auf 15 %.
20. Scrollen Sie im **Materialien**-Panel bis zu **Kunststoff** und benennen Sie das Material in **Grund\_weiß** um.
21. Klicken Sie im Menü **Render** auf **Rendern**.



### Den Ebenen Materialien zuordnen

1. Wählen Sie im Dialogfenster **Ebenen** die Ebene **Klarsichtpackung Zahnseide** aus und klicken Sie in die Spalte **Material**.
2. Wählen Sie im Dialogfenster **Ebenenmaterial** den Eintrag **Thin Clear Plastic** aus der Dropdownliste und bestätigen Sie mit **OK**.
3. Wählen Sie im **Ebenenpanel** die Ebenen **Zahnseidenbox** und **Zahnpasta** und klicken Sie auf einer davon in die Spalte **Material**.
4. Wählen Sie im Dialogfenster **Ebenenmaterial** den Eintrag **White Shiny** aus der Dropdownliste und klicken Sie auf **OK**.
5. Klicken Sie im Menü **Render** auf **Rendern**.



## Szenenbeleuchtung

Bisher haben wir die Standardbeleuchtung von Rhino verwendet. Dieses unsichtbare Licht scheint über die linke Schulter des Betrachters in das Modell. Es reicht aus, um das Modell zu beleuchten und Ihnen einen Anfangspunkt zu geben. Das Standardlicht kann nicht bearbeitet werden und ist nur aktiviert, wenn keine anderen Lichter die Szene beleuchten. Um die Beleuchtung steuern zu können, werden wir unsere eigenen Lichter einfügen.

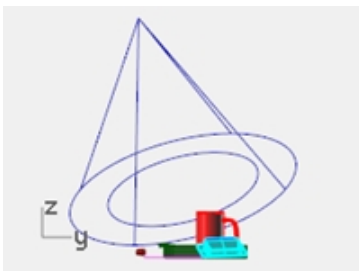
### Hinzufügen von Lichtern

1. Legen Sie im **Ebenen**-Panel die Ebene **Lichter** als aktuelle Ebene fest.
2. Klicken Sie im Menü **Rendern** auf **Spotlicht erzeugen**.
3. Zeichnen Sie ein großes Spotlicht, das die Szene wie in der Abbildung rechts von vorne und leicht von oben beleuchtet.

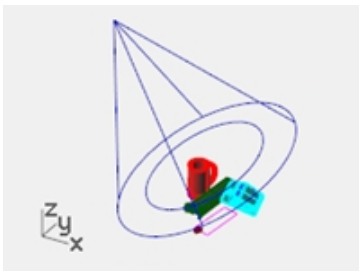
Verwenden Sie den Aufzug-Modus oder aktivieren und ziehen Sie die Kontrollpunkte des Spotlights, um das Licht in die richtige Position zu bringen.



*Spotlicht, Frontansicht.*



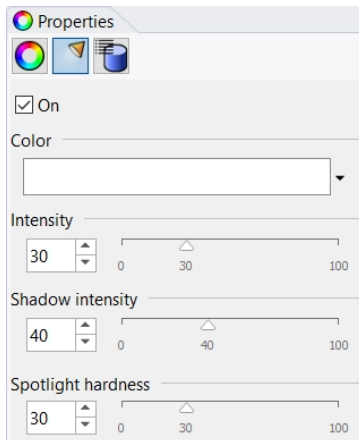
*Spotlicht, rechte Ansicht.*



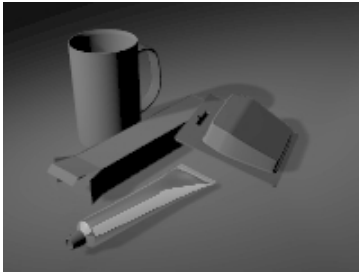
*Spotlicht, perspektivische Ansicht.*

4. Passen Sie die **Eigenschaften** des Lichts wie folgt an:

5. Lichtintensität=30  
Schattenintensität=40  
Spotlichthärte=30

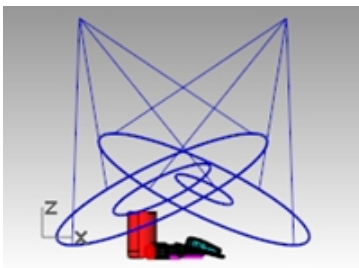


6. **Rendern Sie** das **perspektivische** Ansichtsfenster.  
Es wird nun ein etwas schöneres Bild erzeugt, aber zwei oder drei Lichter in einer Szene verbessern das Rendering weiter. Wir werden daher ein weiteres Licht hinzufügen, um auf der Tasse ein Glanzlicht zu erzeugen.



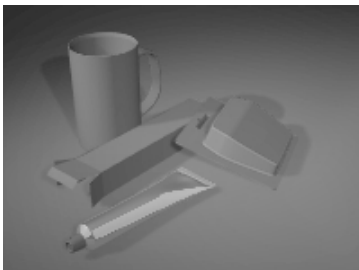
### Hinzufügen eines zweiten Lichts

1. Wählen Sie das erste Licht aus.
2. **Spiegeln** Sie das Licht im Ansichtsfenster **Drauf** über der vertikalen Achse.
3. Passen Sie die **Eigenschaften** des Lichts wie folgt an:  
Lichtintensität=20  
Schattenintensität=60  
Spotlichthärte=30



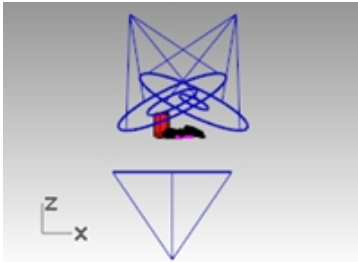
*Spotlicht, Frontansicht.*

4. **Rendern Sie** das **perspektivische** Ansichtsfenster.



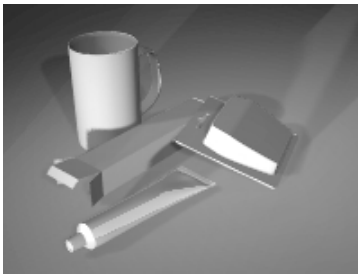
## Hinzufügen eines dritten Lichts

1. Klicken Sie im Menü **Rendern** auf **Spotlicht erzeugen**.
2. Zeichnen Sie ein großes Spotlicht, das die Szene von unten beleuchtet.  
Dieses Licht beleuchtet leicht die Unterseite der Zahnpastatube und des Päckchens.
3. Passen Sie die **Eigenschaften** des Lichts wie folgt an:  
Lichtintensität=40  
Schattenintensität=0  
Spotlichthärte=30



*Spotlicht, Frontansicht.*

4. **Rendern Sie** das **perspektivische** Ansichtsfenster.  
Es ist wichtig, die Schattenintensität auf 0 einzustellen, damit das Licht durch die Grundebene dringt.



## Bild- und Bump-Maps

Statt einer Farbe können Sie auch ein Bild eines Materials verwenden. Sie können Fotos und echte Objekte (wie Tapete und Teppich) scannen, Muster in einem Malprogramm erstellen oder Bilder von Texturbibliotheken anderer Renderer oder andere Quellen von Bitmap-Bildern verwenden.

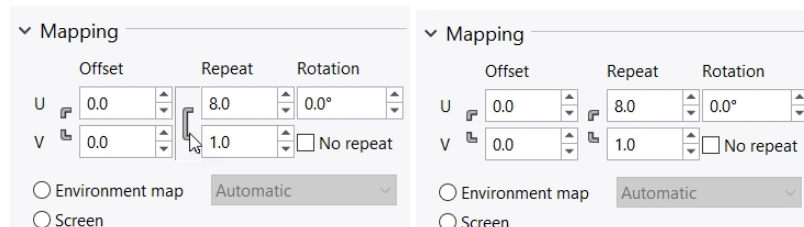
Bild-Mapping verwendet Bitmap-Bilder, die dem Material Details verleihen. Sie können Bilder verwenden, um viele Eigenschaften der Materialfläche zu ändern, einschließlich Farbmuster und dreidimensionale Flächenqualität (Relief). Prozedurale Reliefs machen eine Fläche willkürlich rau oder fügen ihr eine geriffelte Qualität hinzu.

### Erzeugung eines neuen Materials aus einem bestehenden Material

1. Klicken Sie im **Material**-Panel mit der rechten Maustaste auf **White shiny** und wählen Sie **Duplizieren**.
2. Nennen Sie das duplizierte Material **Zahnpastadeckel**.
3. Klicken Sie im Abschnitt **Texturen** unter **Farbe** auf **(Zur Texturzuweisung klicken)**.
4. Doppelklicken Sie im Dialogfenster **Öffnen** auf **Tube Bump.png**.
5. Klicken Sie im Abschnitt **Texturen** auf **Tube Bump**, um die zusätzlichen Einstellungen zu öffnen.
6. Setzen Sie im Bereich **Mapping** den Wert für **U erneut ausführen** auf **8**.

Doppelklicken Sie auf das Symbol für Gesperrt, um U-V erneut ausführen zu entsperren.

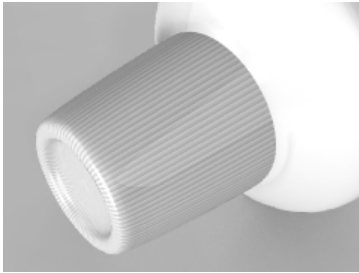
**U erneut ausführen** sollte auf **1** definiert sein.



7. Weisen Sie das neue Material der Ebene **Zahnpastadeckel** oder dem Objekt direkt zu. Passen Sie das Mapping bei Bedarf weiter an.

8. **Rendern Sie** das **perspektivische** Ansichtsfenster.

Der Deckel erscheint nun gefurcht. Die Anzahl der Wiederholungen gibt an, wie dicht die Furchen beieinander stehen.



## Decals

Rhino verwendet die Methode der Decalbilder, um ein Bitmap-Bild auf eine bestimmte Fläche eines Objekts zu platzieren.

Der Mapping-Typ teilt Rhino mit, wie das Decalbild auf das Objekt projiziert werden soll. Die vier Mapping-Typen (planar, zylindrisch, kugelförmig und UV) werden im folgenden beschrieben.

### Optionen für das Decalbild

#### Planar

Der planare Mapping-Typ ist der geläufigste Typ. Er ist angebracht, wenn Sie auf flache oder leicht gekrümmte Objekten mappen.

#### Zylindrisch

Die zylindrische Mappingart ist hilfreich, wenn Sie Decalbilder auf Objekte platzieren wollen, die sich in eine Richtung krümmen, wie dies bei Weinflaschenetiketten der Fall ist.

#### Kugelförmig

Die kugelförmige Mappingart ist hilfreich, wenn Sie Bilder auf Objekte platzieren wollen, die sich in zwei Richtungen krümmen. Die kugelförmige Projektion bildet die Bitmap auf die Kugel auf folgende Weise ab: Die vertikale Achse (Höhe) krümmt sich von Pol zu Pol und die horizontale Achse um den Äquator herum.

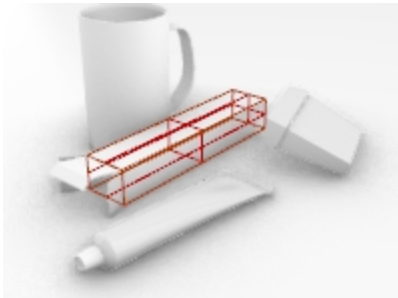
#### UV

UV-Mapping dehnt das Bild, damit es die ganze Fläche füllt. Die U- und V-Richtungen bestimmen, in welche Richtung das Bild angewendet wird. Es beinhaltet keine zusätzlichen Optionen.

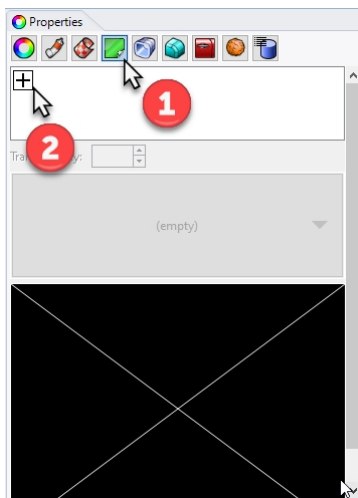
**UV-Mapping ist eine gute Lösung für organische Formen, Haar, Haut und Pflanzenstrukturen.**

### Abbild eines Decalbilds mit planarer Projektion

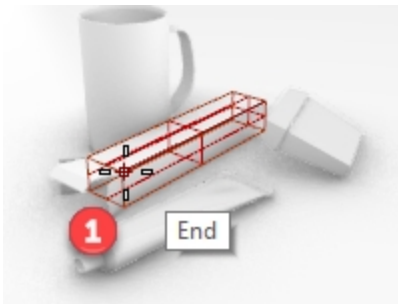
1. Schalten Sie die Ebene **Decal-Referenzebenen** ein.
2. Wählen Sie die Zahnpastaschachtel aus.



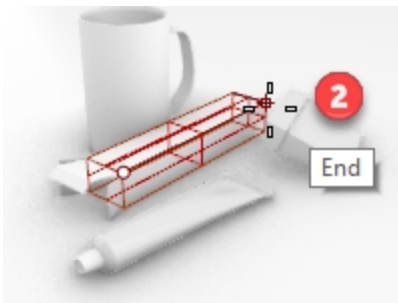
3. Klicken Sie im **Eigenschaften**-Panel auf der Seite **Decals** auf + um ein Decal hinzuzufügen.



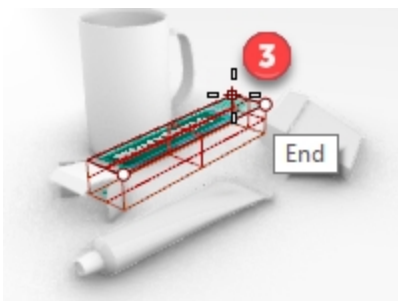
4. Wählen Sie die Datei **Minty Green-Box Upper.jpg**.
5. Klicken Sie auf **Öffnen**.
6. Definieren Sie den Mapping-Stil als **Planar**, die Richtung als **Vorwärts** und klicken Sie dann auf **OK**.
7. Klicken Sie in der Befehlszeile die Option **3Punkte**.
8. Diese drei Punkte definieren den Standort und die Ausmaße der Decalildebene. Die Ebene muss auf oder hinter der Fläche des Objekts liegen. Das Decalbild wird von der Decalildebene aus nach oben projiziert. Flächenteile, die hinter der Decalildebene liegen, zeigen das Decalbild nicht an.  
Wählen Sie unter Verwendung von Objektfängen den Standort für das Decal **(1)**.



9. Wählen Sie die **Breite** des Decals **(2)**.



10. Wählen Sie die **Höhe** des Decals **(3)**.



Nachdem das Decalbild platziert wurde, können Sie die Kontrollpunkte anklicken und das Decalbild verschieben,



drehen oder dehnen.

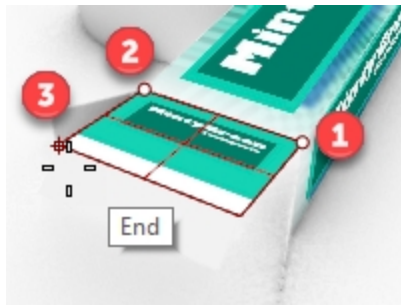
- Drücken Sie die **Eingabetaste** oder klicken Sie mit der rechten Maustaste, um den Standort zu definieren.



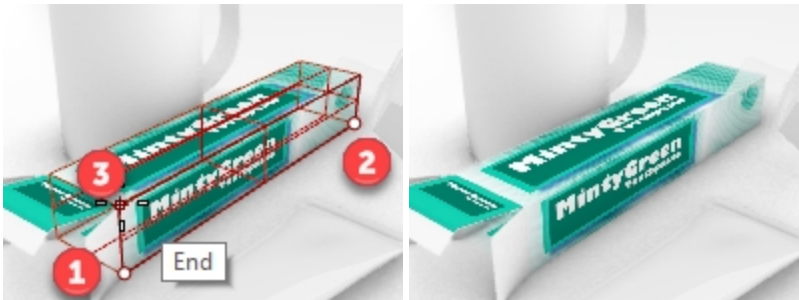
- Speichern Sie das Modell (*Menü Datei: Speichern*).

### Hinzufügen weiterer Decals

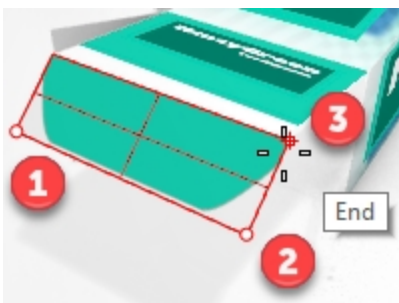
- Wählen Sie die Fläche am Ende der Schachtel.
- Klicken Sie im **Eigenschaften**-Panel auf der Seite **Decals** auf **+** um ein Decal hinzuzufügen.
- Klicken Sie in der Befehlszeile auf die Option **3Punkte** um die Bitmap **MintyGreen-Box End.png** auf dem Ende der Schachtel zu platzieren.



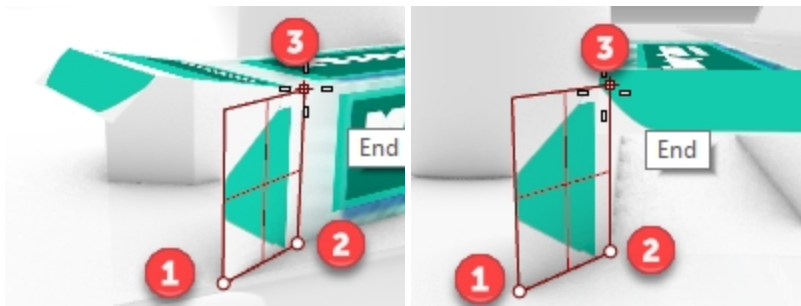
- Mit der Decal-Option **3Punkte** platzieren Sie die Bitmap **MintyGreen-Box Side.png** seitlich auf der Schachtel.



- Mit der Decal-Option **3Punkte** platzieren Sie **MintyGreen-TopFlap\_RGBA.tif** und für die Option **Richtung** wählen Sie **Beide**.



- Mit der Decal-Option **3Punkte** platzieren Sie **MintyGreen-SideFlap\_RGBA.tif** auf jeder Seitenlasche und für die Option **Richtung** wählen Sie **Beide**.

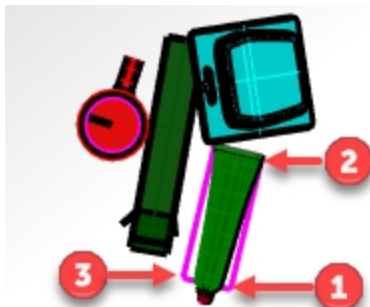


7. Verwenden Sie planares Mapping, um die Decalbilder auf die Schachtel der Zahnseide und auf die Zahnpastatube zu platzieren.

Die magentafarbenen Rechtecke auf der Ebene der **Decal-Referenzebenen** wurden erzeugt, um Ihnen bei der Platzierung der Decalbilder **MintyGreen-Floss.png** und **MintyGreen-Tube.png** zu helfen.



8. Wählen Sie das Rohr aus. Klicken Sie im **Eigenschaften**-Panel auf der Seite **Decals** auf + um ein Decal hinzuzufügen.  
Wählen Sie das Decal **MintyGreen-Tube.png**.
9. Definieren Sie den **Mapping-Stil** als **Planar**, die Richtung als **Vorwärts** und klicken Sie dann auf .
10. Klicken Sie in der Befehlszeile die Option **3Punkte**. Wählen Sie die Punkte folgendermaßen aus.



11. Wählen Sie die Zahnseide-Schachtel aus. Klicken Sie im **Eigenschaften**-Panel auf der Seite **Decals** auf + um ein Decal hinzuzufügen.  
Wählen Sie das Decal **MintyGreen-Floss.png** aus.
12. Definieren Sie den Mapping-Stil als **Planar**, die Richtung als **Vorwärts** und klicken Sie dann auf .
13. Klicken Sie in der Befehlszeile die Option **3Punkte**. Wählen Sie die Punkte folgendermaßen aus.

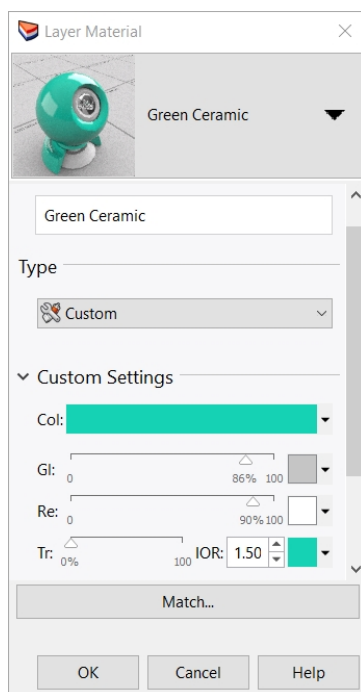


1. Rendern Sie das **perspektivische** Ansichtsfenster.



### Erzeugung eines Materials von Grund auf und Zuordnung zu einer Ebene

1. Öffnen Sie das **Ebenen**-Panel.
2. Wählen Sie im **Ebenen**-Panel die Ebene **Tasse** und klicken Sie in die Spalte **Material**.
3. Klicken Sie auf den Pfeil rechts von **Standardmaterial** und dann auf "+".
4. Klicken Sie im Dialogfenster **Typen** auf **Standardmaterial** und dann auf **OK**.
5. Im **Namensfeld** geben Sie **Grüne Keramik** ein.
6. Nehmen Sie folgende Einstellungen vor:  
 Farbe auf Grün (R=21, G=210, B=180)  
 Glanzfarbe auf (R=198, G=247, B=255)  
 Reflexionsvermögen auf 30  
 Reflexionsfarbe auf (R=21, G=225, B=180)  
 Glänzendes Finish auf 86



### Ein Decalbild mit zylindrischer Projektion abbilden

Der Kreis des Mapping-Zylinders liegt anfangs parallel zur aktuellen Konstruktionsebene und die Zylinderachse parallel zur Z-Achse der Konstruktionsebene.

1. Wählen Sie die **Tasse** aus .
2. Wählen Sie das Rohr aus. Klicken Sie im **Eigenschaften**-Panel auf der Seite **Decals** auf + um ein Decal hinzuzufügen.
3. Wählen Sie die Datei **Segelboot-002.JPG** aus.
4. Klicken Sie im Dialogfenster **Decal-Mapping-Stil** auf **Zylindrisch**.
5. Verwenden Sie im Ansichtsfenster **Perspektive** den magentafarbenen Kreis zusammen mit dem Ofang **Zentrum**,

- um auf das **Zentrum des Zylinders** und den **Radius** oder **Durchmesser** für das Decal zu klicken.
6. Klicken Sie für die Decal-Platzierung auf Anfang und Ende des enthaltenen Winkels:
  7. Drücken Sie die **Eingabetaste** oder klicken Sie mit der rechten Maustaste, um den Standort zu definieren.
  8. Auf der **Decals**-Seite klicken Sie auf das Decal **Sailboat-002.tif** und klicken Sie auf **Decal-Widget anzeigen**.
  9. Verwenden Sie das Widget so wie Gumball, um das Decal zu verschieben, zu skalieren und zu drehen.
  10. Klicken Sie auf Decal-Widget verbergen, wenn sich das Decal am gewünschten Ort befindet.
  11. Sehen Sie sich das Ergebnis mit dem Ansichtsfenster **Perspektive** im Anzeigemodus Gerendert an.



### Der letzte Schliff

Die Zahnbürste ist gut über hierarchische Ebenen organisiert. Sobald Sie die Materialien der Ebene zugewiesen haben, wird eine Geometrie-Vorschau auf der Ebene erstellt und in diesem Material gerendert.

1. Aktivieren Sie alle Ebenen und Unterebenen der **Zahnbürste**. Stellen Sie die Materialien auf die Ebene ein.

<u>Ebene</u>	<u>Material</u>
Zahnbürste2 Körper	Green_ceramic (gleich wie bei der Tasse)
Innere Borsten Zahnbürste2	Green_ceramic (gleich wie bei der Tasse)
Äußere Borsten Zahnbürste2	Porcelain_white
Griff Zahnbürste2	Plastic_white

2. Passen Sie die Materialeinstellungen und die Beleuchtung nach Ihren Vorstellungen an.
3. **Rendern Sie** das **perspektivische** Ansichtsfenster.



4. Wenn das Rendering fertig ist, speichern Sie es durch Klicken auf die Schaltfläche **Bild speichern als** auf dem **Rhino-Renderdialog** als Bilddatei.

# Kapitel 19 - Einführung in Grasshopper

Grasshopper ist eine in Rhino 6 enthaltene visuelle Skript-Plattform.


- Mit Grasshopper schreiben Sie Skripts zur Automatisierung von Aufgaben, indem Sie Steuerungen auf die Arbeitsfläche und zugleich wichtigste Interface ziehen.
- Parameter wie **Number Slider**, **Graph Mapper**, **Random** und **Jitter** werden zur Steuerung zahlloser Design-Optionen verwendet.
- Die Vorschau des Grasshopper-Designs wird unmittelbar in der Rhino-Anwendung ohne Erzeugung von Geometrie angezeigt.
- Bei Auswahl des endgültigen Designs wird die Geometrie durch "Einbacken" in das Rhino-Objekt erzeugt.

**Hinweis:** **Bike Wheel.GH** ist im Modellordner enthalten. Sie können auch **Bike Wheels.JPG** drucken und die Übung nachmachen.

## Das Rad

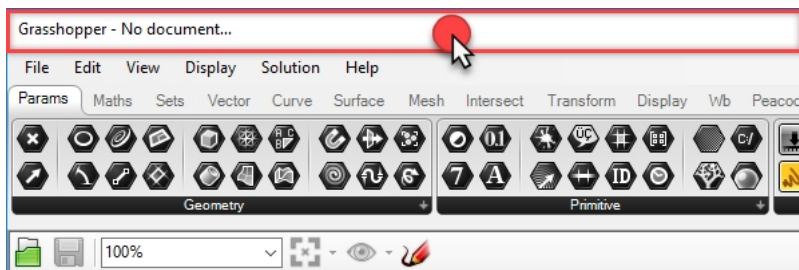
### Die Grasshopper-Arbeitsfläche

1. Beginnen Sie ein neues Modell mit der Vorlage **Kleine Objekte - Zoll**.
2. Öffnen Sie die Grasshopper-Arbeitsfläche, indem Sie in der Standard-Werkzeugleiste auf die Schaltfläche

Grasshopper  klicken oder durch Eingabe von **Grasshopper** in der **Rhino**-Befehlszeile.



3. Doppelklicken Sie auf die Titelzeile des Grasshopper-Fensters, um es zu erweitern und zu minimieren. Lassen Sie es in jedem Fall geöffnet. (Nur in Windows verfügbar)

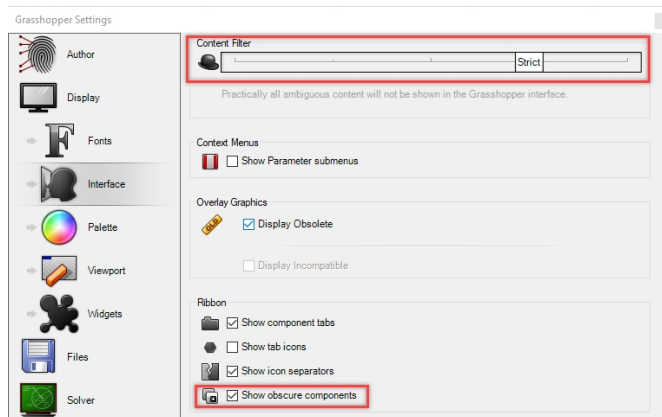


### Die Grasshopper-Einstellungen

Es gibt zwei Einstellungen, die zur Kontrolle über das Aussehen der Grasshopper-Interface dienen.

1. Im Grasshopper-Menü **File** wählen Sie **Preferences**.
2. Der Dialog der **Grasshopper-Einstellungen** erscheint.
3. Im linken Feld heben Sie **Interface** hervor.

- Wenn Sie Rhino jüngeren Schülern beibringen möchten, verschieben Sie im rechten Feld den **Content Filter** nach **Strict**. So werden die Grasshopper-Symbole auf eine für junge Anwender geeignete Weise angezeigt.
- Wählen Sie die Option **Show obscure components**.



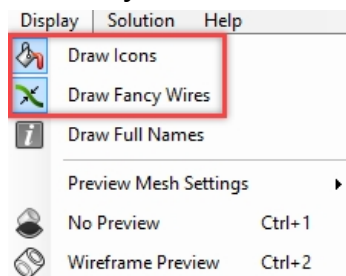
- Wählen Sie "X" in der oberen rechten Ecke des Dialogs aus um zu speichern und schließen Sie die **Grasshopper-Einstellungen**.



- Klicken Sie im **Grasshopper**-Menü auf **Display**.
- Im **Display**-Menü aktivieren Sie:

#### Draw Icons

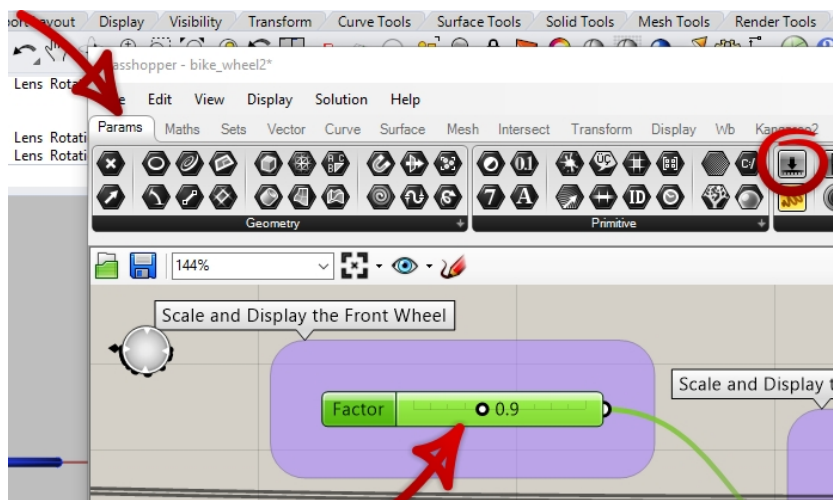
#### Draw Fancy Wires



## Der Finder

Wenn Sie die vollständige Datei einer Grasshopper-Definition (Dateierweiterung .GH) öffnen, können Sie alle beliebigen Komponenten oder Parameter leicht zu deren Menü-Standort zurückverfolgen. Grasshopper zeigt einen großen, roten Finder-Pfeil auf der Arbeitsfläche an, der markiert, wo sich in den Grasshopper-Menüs der Befehl befindet.

- Im Grasshopper-Menü **File** wählen Sie **Open**.
- Navigieren Sie zu den Dateien die Sie für diese Schulung heruntergeladen haben und öffnen Sie **Bike Wheels.GH**.
- Während sich der Mauszeiger über einem bestimmten Grasshopper-Parameter oder einer Komponente befindet, halten Sie die Tasten **Strg + Alt** sowie die linke Maustaste gedrückt. Die roten Finder-Pfeile erscheinen.



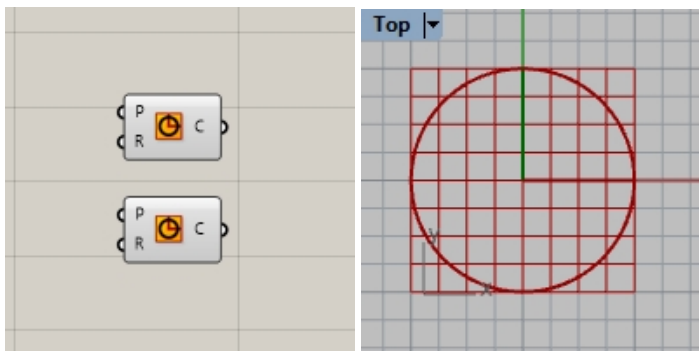
4. Sie sehen die Pfeile, solange Sie die Tasten und die Maustaste gedrückt halten. Sobald Sie loslassen, verschwinden die Finder-Pfeile wieder.

**Hinweis:** In Rhino für Mac, verwenden Sie die Tastenkombination **Cmd + Alt** um den Finder zu aktivieren. Dies ist für das "Reverse Engineering" einer Grasshopper-Definition sehr hilfreich.

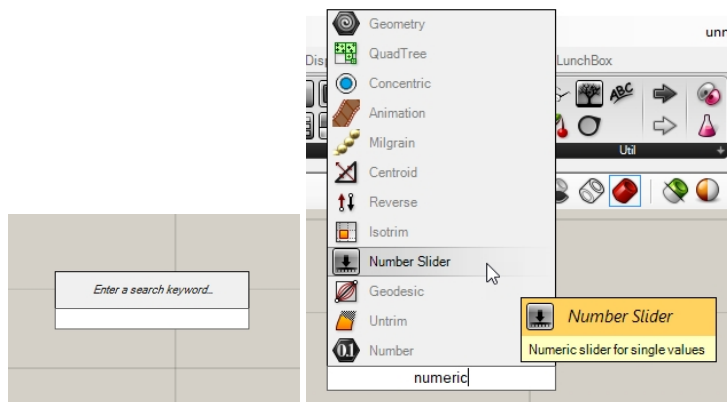
Fangen wir an mit unserer ersten einfachen Grasshopper-Definition.

### Erzeugen der Kreise

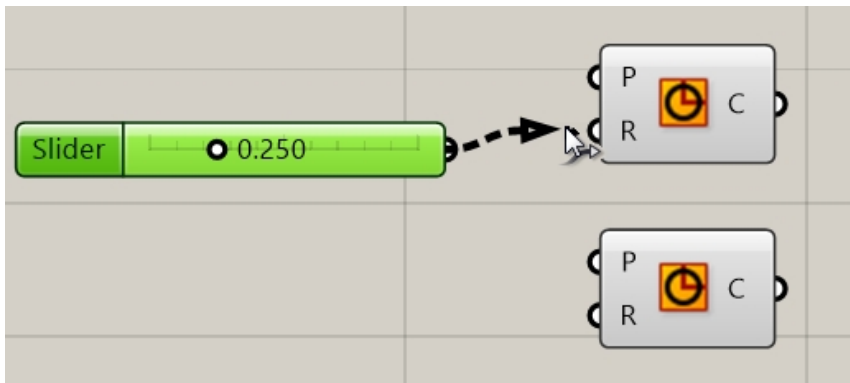
1. Klicken Sie im Grasshopper-Menü **File** auf **New Document**.
2. Auf dem Grasshopper-Menü **Curve** ziehen Sie zwei **Circle**-Komponenten und legen sie auf der Grasshopper-Arbeitsfläche ab.



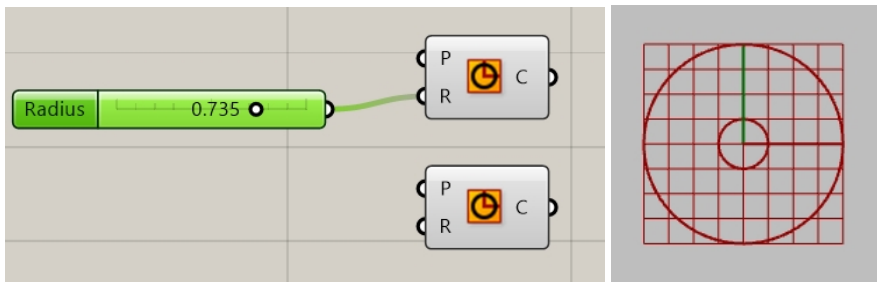
3. Doppelklicken Sie auf die Grasshopper-Arbeitsfläche um ein Dialogfenster mit der Aufforderung **Enter a search keyword** zu öffnen.
4. Geben Sie **Number** und wählen Sie **Number Slider** aus dem Menü.



5. Ein Parameter für **Number Slider** wird der Arbeitsfläche hinzugefügt.
6. Ziehen Sie den Output-Anschluss vom **Number slider** zum Input R des Kreises.

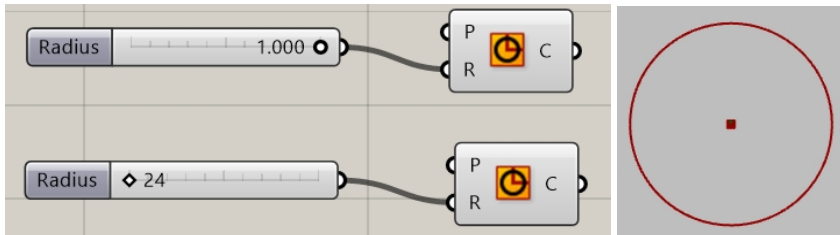


- Ziehen Sie jetzt den Schieberegler und beobachten Sie, wie sich der Kreisradius im Ansichtsfenster **Drauf** aktualisiert.



- Um den zweiten numerischen Schieberegler zu erzeugen, doppelklicken Sie auf die Arbeitsfläche und geben Sie ein: **24<32<36**.

Verbinden Sie den Output von **Number slider** mit dem Input R für die zweite Circle-Komponente.

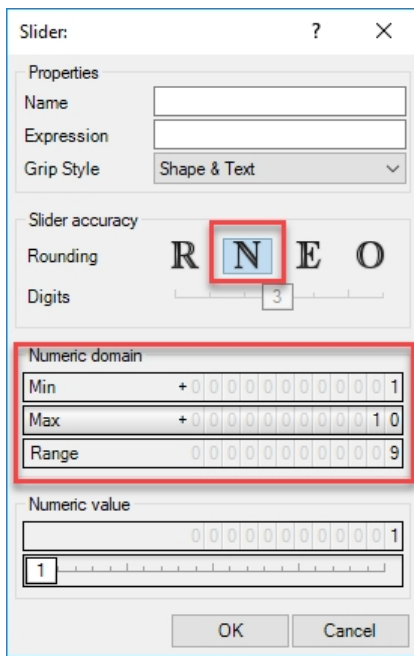


- Doppelklicken Sie auf das Schriftfeld **Radius** auf dem ersten Number Slider. The Schieberegler-Dialog erscheint.



- Bearbeiten Sie die Werte **Min** und **Max**. Stellen Sie **Min** auf 1, **Max** auf 10 und **Rounding** auf N für Natürliche Zahl (Ganze Zahl).

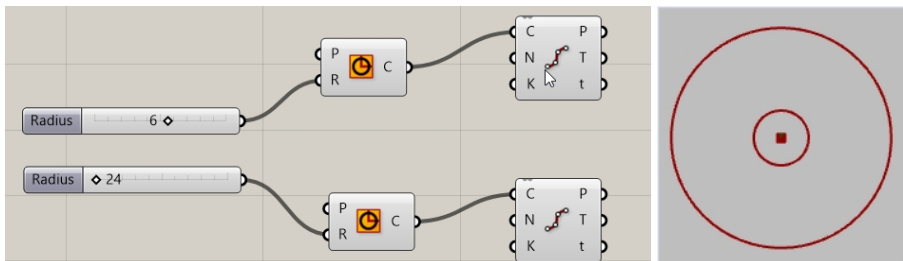




11. Klicken Sie auf die Schaltfläche  um den Dialog zu schließen.
12. Ziehen Sie den ersten Schieberegler auf 6.

## Teilung des Kreises

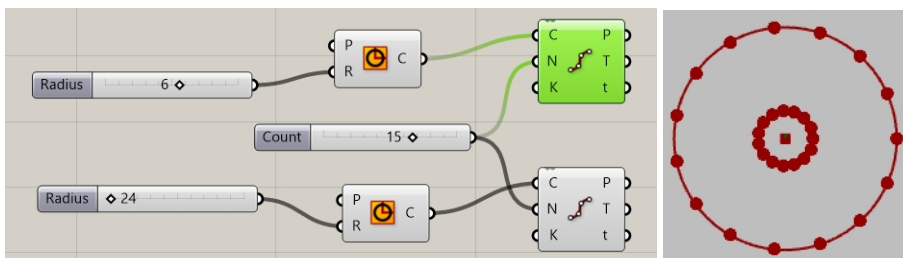
1. Auf dem Menü **Curve**, unter Division, wählen Sie **Divide Curve** und legen Sie zwei davon auf der Arbeitsfläche rechts der Kreise ab. **Hinweis:** drücken Sie die **Alt-Taste** während Sie eine zu kopierende Kontrolle ziehen.)
2. Verbinden Sie die Output-Kreiscurve mit dem **Curve**-Input der Komponente **Divide Curve**. Wiederholen Sie diese Schritte für den zweiten Kreis.



## Die Punkte verbinden

Standardmäßig erzeugt die Komponente **Divide** 10 Unterteilungen oder 10 Punkte auf jedem Kreis. Nun erzeugen Sie einen Schieberegler, um diese Anzahl von Punkten zu kontrollieren und die Punkte mit einer Linienkomponente zu verbinden.

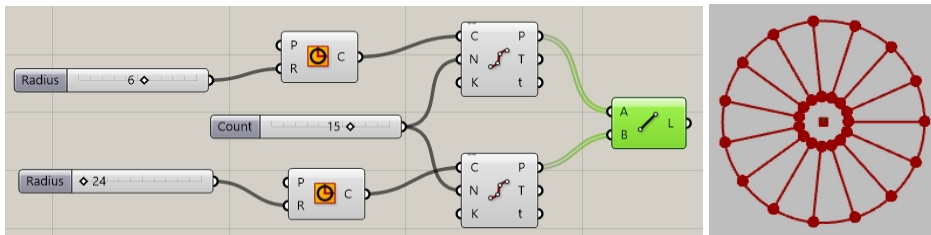
1. Doppelklicken Sie auf die Grasshopper-Arbeitsfläche und erzeugen Sie einen Schieberegler durch Eingabe von **5<10<20**. Somit wird ein **Numerischer Schieberegler** erzeugt, der auf 10 eingestellt ist und dessen Regelbereich von 5 bis 20 geht.
2. Verbinden Sie den Output des **Number Slider** mit dem N jeder **Divide**-Komponente.
3. Ziehen Sie jetzt den Regler und beobachten Sie, wie die Punkte größer und kleiner werden.



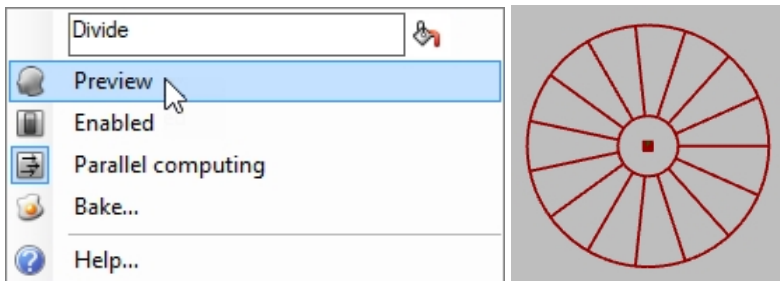
4. Im Grasshopper-Menü **Curve**, im Abschnitt **Primitive**, wählen Sie **Line**, ziehen Sie es auf die Arbeitsfläche und

legen es rechts der Divide-Komponente ab.

5. Verbinden Sie den Output Points von der ersten Divide-Komponente mit dem Input A von Line Curve.
6. Verbinden Sie den Output Points von der zweiten Divide-Komponente mit dem Input B von Line Curve. Schließlinienkurven verbinden jetzt die Punkte von beiden Kreiskurven.



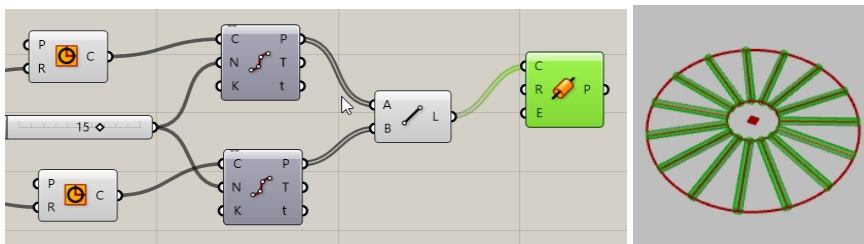
7. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die **Divide**-Komponenten, dann klicken Sie auf **Preview** um die Punkte-Vorschau zu deaktivieren.



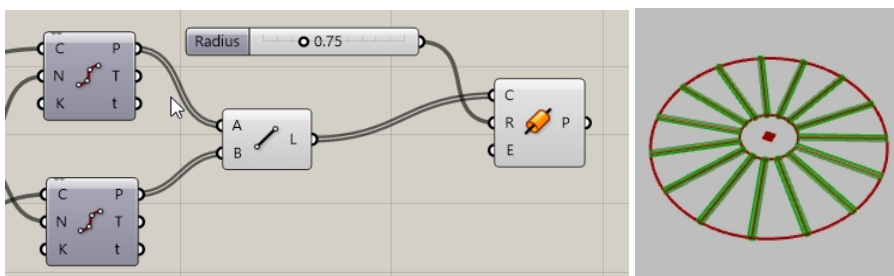
### Die Kurven als Rohre zeichnen

Die Kurven werden verwendet, um Flächen für das Rad und die Radspeichen zu erzeugen.

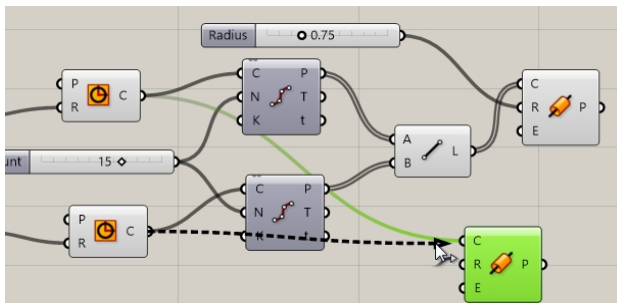
1. Im Grasshopper-Menü **Surface**, unter **Freeform**, wählen Sie **Pipe**, ziehen zwei davon auf die Arbeitsfläche und legen sie rechts der Komponente Line ab.
2. Verbinden Sie den Output von Lines mit dem Curve-Input der Pipe-Komponente.



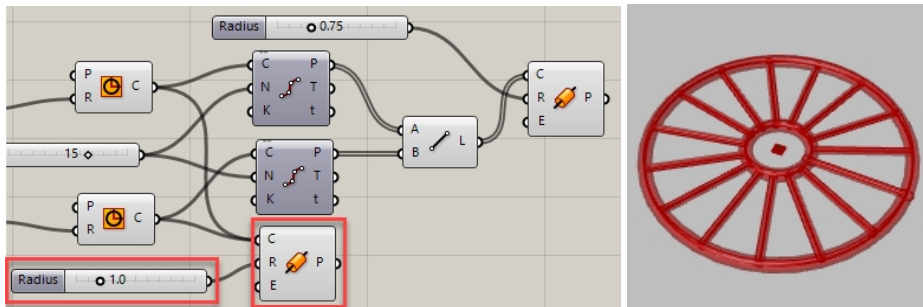
3. Doppelklicken Sie auf die Grasshopper-Arbeitsfläche und erzeugen Sie einen Schieberegler durch Eingabe von **.25<1<2**. So wird ein **Numerischer Schieberegler** erzeugt, der auf 1 eingestellt ist und dessen Regelbereich von .25 bis 2.00 geht.



4. Verbinden Sie den Output der **Circle**-Kurve mit dem Input **Curve** der zweiten **Pipe**-Komponente. **Hinweis:** Sie müssen die Umschalttaste gedrückt halten, um zwei Verbindungen an einem Input zu erstellen.



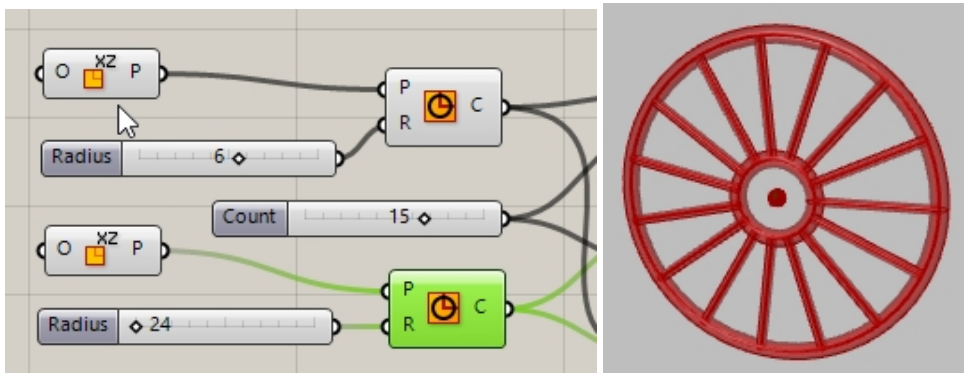
5. Doppelklicken Sie auf die Grasshopper-Arbeitsfläche und erzeugen Sie einen Schieberegler durch Eingabe von **.50<1<3**. So wird ein **Numerischer Schieberegler** erzeugt, der auf 1 eingestellt ist und dessen Regelbereich von .50 bis 3.00 geht.
6. Verbinden Sie den Output des letzten **Number Slider** mit dem Input des Radius der zweiten **Pipe**-Komponente.
7. Ziehen Sie den Schieberegler und beobachten Sie, wie sich der Rohrradius verändert.



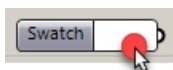
### Ausrichtung des Rads

Das Rad muss parallel zu Front bzw, **XZ CPlane** ausgerichtet werden. Gehen Sie dafür zum Kreis zurück und erstellen Sie eine Ebene zum Ausrichten des Kreises.

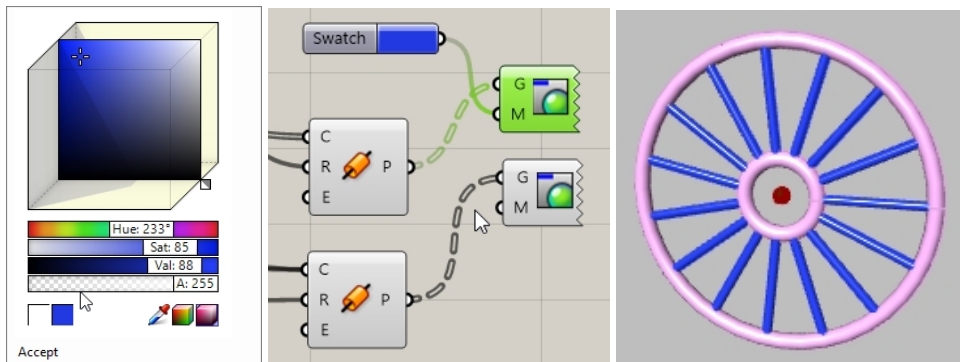
1. Im Grasshopper-Menü **Vector**, unter **Plane**, wählen Sie die Komponente **XZ CPlane** und ziehen Sie zwei **XZ CPlane** auf die Grasshopper-Arbeitsfläche, links der Kreiskomponente.
2. Verbinden Sie den Output **Plane** von **XZ-Plane** mit dem Plane-Input der Komponente **Circle**. Wiederholen Sie diese Schritte für den zweiten Kreis. Das gesamte Rad-Design ist jetzt in Front bzw. der **XZ CPlane** ausgerichtet.



3. Als nächstes zeigen Sie die Vorschau der Speichen in einer anderen Farbe an. Im Grasshopper-Menü **Display**, unter **Preview**, ziehen Sie eine Komponente **Custom Preview** auf die Grasshopper-Arbeitsfläche und legen sie rechts der Speichenrohre ab.
4. Im Grasshopper-Menü **Params**, unter **Input**, ziehen Sie eine Komponente **Color Swatch** auf die Grasshopper-Arbeitsfläche und legen sie links von **Custom Preview** ab. Ziehen Sie den Output von **Color Swatch** zum Input Material Override auf dem **Custom Preview**.
5. Verbinden Sie den Output von **P** von **Pipes** mit dem Input von **Geometry** der Komponente **Custom Preview**.
6. Doppelklicken Sie auf **Color Swatch**



- Wählen Sie eine benutzerdefinierte Farbe aus der Farbauswahl oder ziehen Sie die Schieberegler für Hue, Saturation, Value, and Alpha transparency. Klicken Sie auf **Accept** sobald die Farbvorschau Ihren Wünschen entspricht.



- Klicken Sie auf **Save** im Grasshopper-Menü **Datei** oder auf die Schaltfläche **Save** auf der Werkzeugleiste der Grasshopper-Arbeitsfläche.



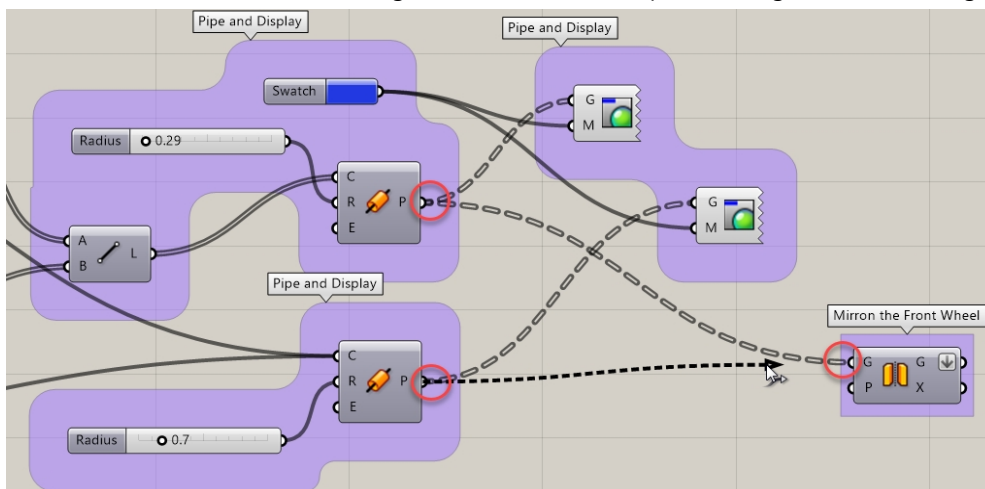
- Speichern Sie die Definition als **Wheels.gh**.

### Spiegeln des Vorderrads

Das zweite Rad wird durch Spiegelung des Rads über eine Ebene erzeugt, die parallel zur Front oder XZ-Ebene liegt. Alle Änderungen am ersten Teil der Grasshopper-Definition, wie Radgröße und Anzahl der Unterteilungen, werden die ursprüngliche und gespiegelte Geometrie durchlaufen.

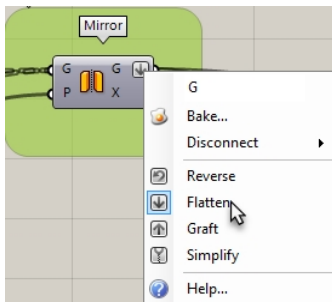
- Im Grasshopper-Menü **Transform**, unter **Euclidean**, wählen Sie **Mirror**. Platzieren Sie es rechts von **Pipes**.
- Verbinden Sie sowohl die Outputs **P** der Komponente **Pipes** mit dem Input **G** der Komponente **Mirror**.

**Hinweis:** halten Sie die Umschalttaste gedrückt, um mehrere Inputs an die gleiche Verbindung anzuschließen.

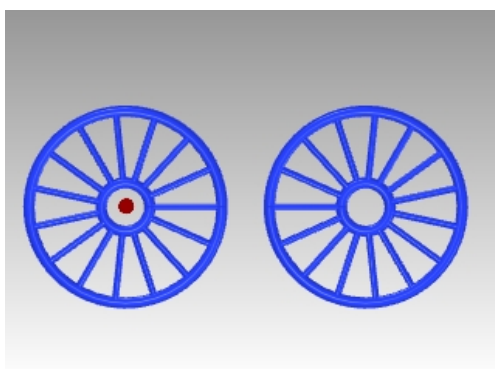
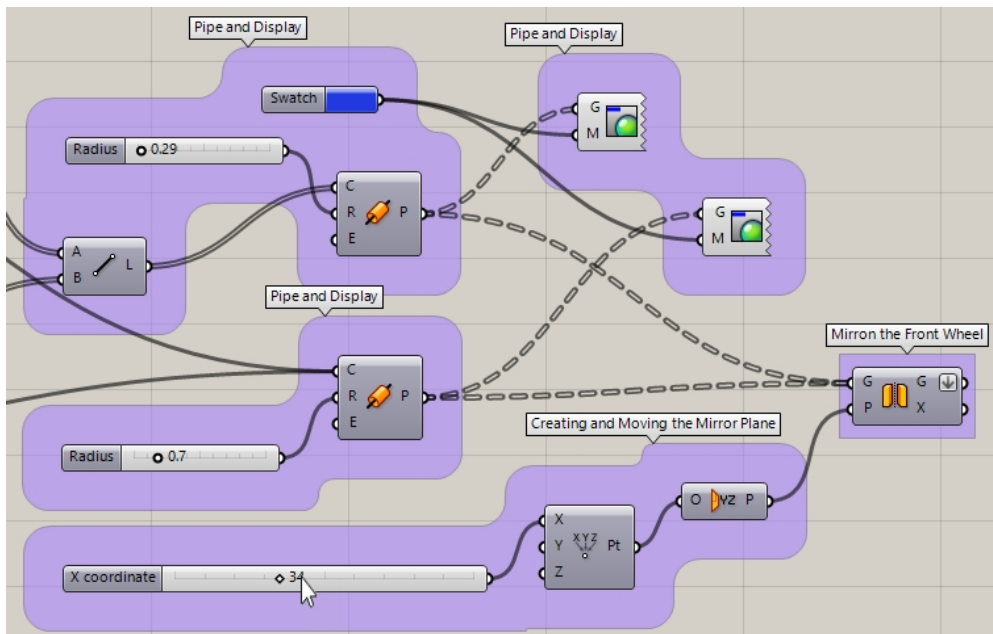


- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den **G**-Output der Komponente **Mirror** und wählen Sie **Flatten** aus dem Menü aus.

So werden die beiden Input-Bäume in eine Liste von Rohren umgewandelt. Der abwärts zeigende Pfeil neben dem **G** zeigt an, dass der Output geebnet wurde.



4. Im Grasshopper-Menü **Vector**, unter **Plane**, wählen Sie **YZ Plane**. Platzieren Sie es links von **Mirror**.
5. Verbinden Sie den Output von **YZ Plane** mit dem Input von **Plane** auf der Komponente **Mirror**.
6. Im Grasshopper-Menü **Vector**, unter **Point**, wählen Sie **Construct point**. Platzieren Sie es links von **YZ plane**.
7. Doppelklicken Sie auf die Grasshopper-Arbeitsfläche und erzeugen Sie einen Schieberegler durch Eingabe von **20<45<60**. So wird ein **Numerischer Schieberegler** erzeugt, der auf 45 eingestellt ist und dessen Regelbereich von 20 bis 60 geht.
8. Verbinden Sie den Output des **Number Slider** mit der **X-Koordinate** der Komponente **Construct Point**. Ziehen Sie den Schieberegler der **X-Koordinate** und beobachten Sie, wie sich der Abstand zwischen der ursprünglichen und der gespiegelten Kopie dynamisch aktualisiert.

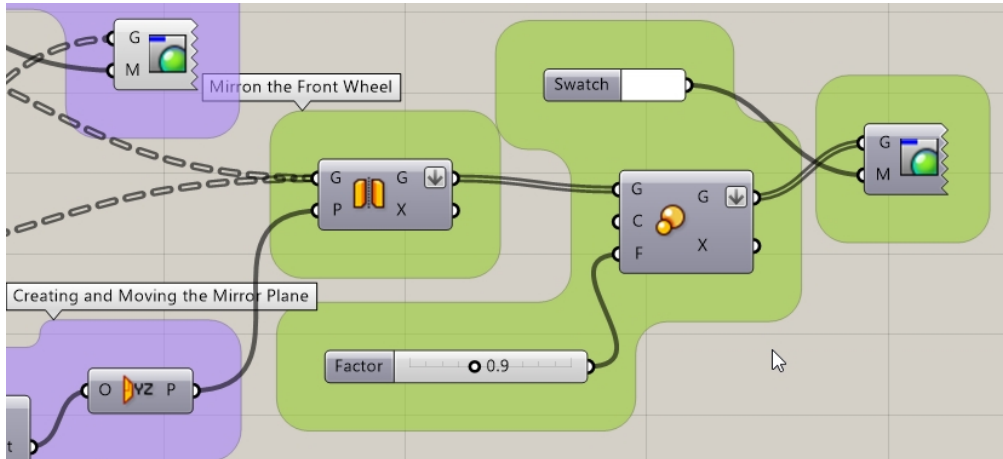


### Skalieren des Vorderrads

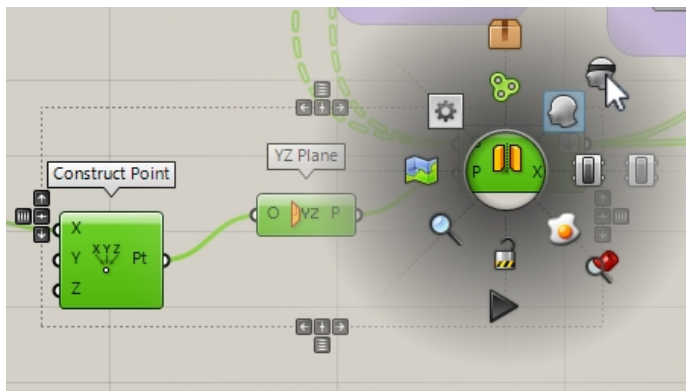
Das zweite Rad wurde durch Spiegelung des Originalrads über eine Ebene erzeugt. Als nächstes wird das gespiegelte Rad um einen Wert skaliert, der es größer oder kleiner als das ursprüngliche Rad werden lässt.

1. Im Grasshopper-Menü **Transform**, unter **Affine**, wählen Sie **Scale**. Platzieren Sie es rechts von **Mirror**.
2. Verbinden Sie den Output **G** der Komponente **Mirror** mit dem Input **G** der Komponente **Scale**.

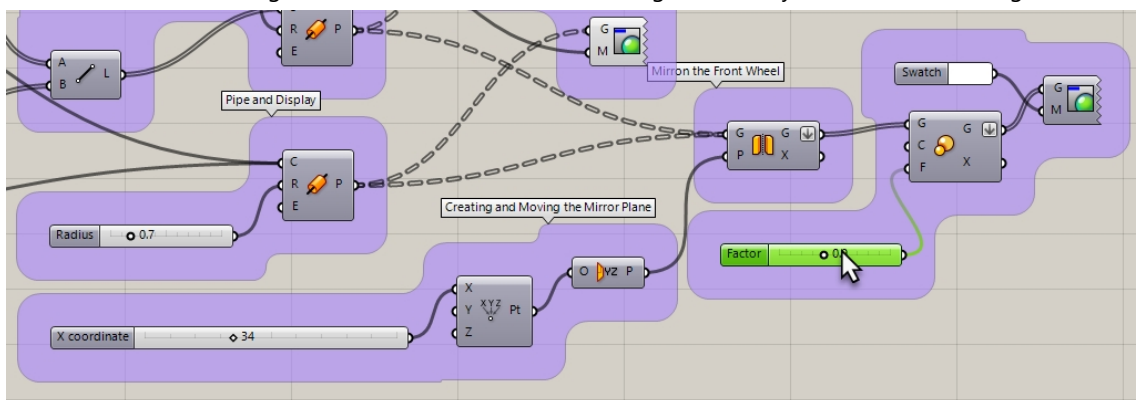
3. Doppelklicken Sie auf die Grasshopper-Arbeitsfläche und erzeugen Sie einen Schieberegler durch Eingabe von **.50<1.00<1.50**.  
So wird ein **Numerischer Schieberegler** erzeugt, der auf 1 eingestellt ist und dessen Regelbereich von .50 bis 1.50 geht.
4. Verbinden Sie den Output des **Number Slider** mit dem Factor-Input der Komponente **Scale**.
5. Fügen Sie eine Komponente für **Custom Preview** hinzu und verbinden Sie den **Geometry**-Output von der **Scale**-Komponente aus mit dem Input der **Custom Preview**.
6. Verbinden Sie **Color Swatch** mit dem **Material**-Input der **Custom Preview** für die skalierte Geometrie.



7. Heben Sie mittels Fensterauswahl folgende Komponenten hervor: **Mirror, Point, YZ Plane, Scale**.
8. Benutzen Sie das **Scrollrad als Maustaste** um das **Radial**-Menü anzuzeigen.
9. Wählen Sie den unten zu sehenden Kopf mit der Augenbinde aus. So wird die Vorschau aller ausgewählten Komponenten deaktiviert.

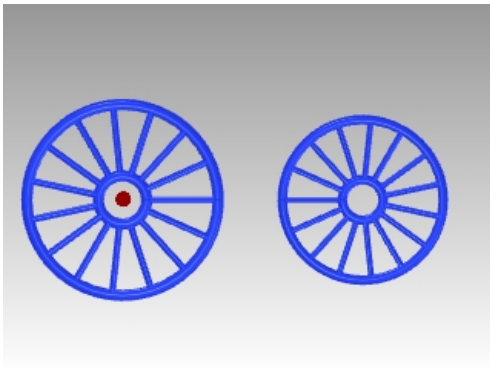


10. Ziehen Sie den Schieberegler **Factor** und sehen Sie sich das Ergebnis der dynamischen Skalierung an.



11. Der Input **C** für Scale stellt den Ursprung für die Skalierung auf **0,0,0**. ein Dies entspricht natürlich nicht dem gewünschten Ergebnis.

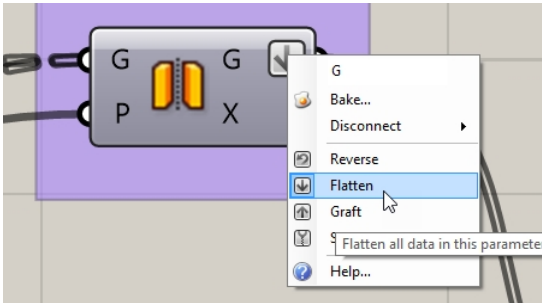




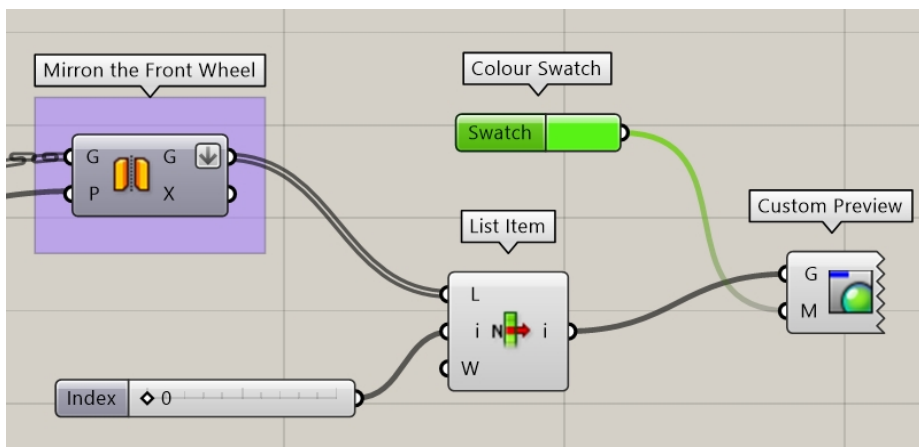
### List Item zur Auswahl des Reifens

Ziel ist, das Vorderrad zu skalieren und das Resultat vor sich zu sehen. Dazu sind noch einige weitere Schritte notwendig. Zuerst müssen Sie den äußeren Reifen im "Stapel" gespiegelter Geometrien ausfindig machen.

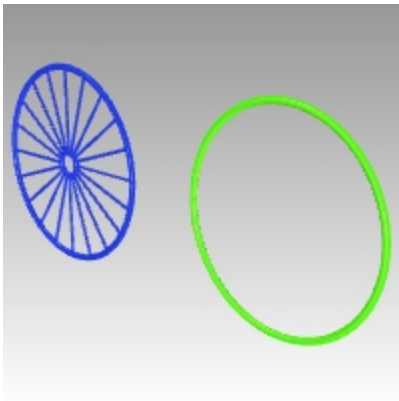
1. Im Grasshopper-Menü **Sets**, unter **List**, wählen Sie **List Item**. Platzieren Sie es rechts von **Mirror**.
2. Verbinden Sie den Output von **Mirror G** mit dem Input von **List item L**.
3. Der Output wird als Baumstruktur organisiert. **List Item** macht eine Liste erforderlich. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf **Mirror G** und wählen Sie **Flatten** aus dem Menü aus. So wird der Datenbaum in eine gewöhnliche Liste umgewandelt.



4. Erzeugen Sie einen Schieberegler der bei 0 beginnt, auf 0 eingestellt ist und bei der Anzahl Unterteilungen plus beide Kreise endet. Sie verwenden **20** als Zahl der Teilungen plus beide Kreise, und die Anzeige geht von 0 bis 21. Doppelklicken Sie auf die Arbeitsfläche und geben Sie **0<0<21** ein.
5. Der Schieberegler erscheint. Verbinden Sie mit dem Input von **List item i**.
6. Fügen Sie eine Komponente für **Custom Preview** hinzu. Verbinden Sie den Geometrie-Output von **List Item i** mit dem Input von **Custom Preview**.
7. Verbinden Sie **Color Swatch** mit **Custom Preview M**. Doppelklicken Sie auf **Color Swatch** um eine Farbe zur Vorschau auszuwählen.



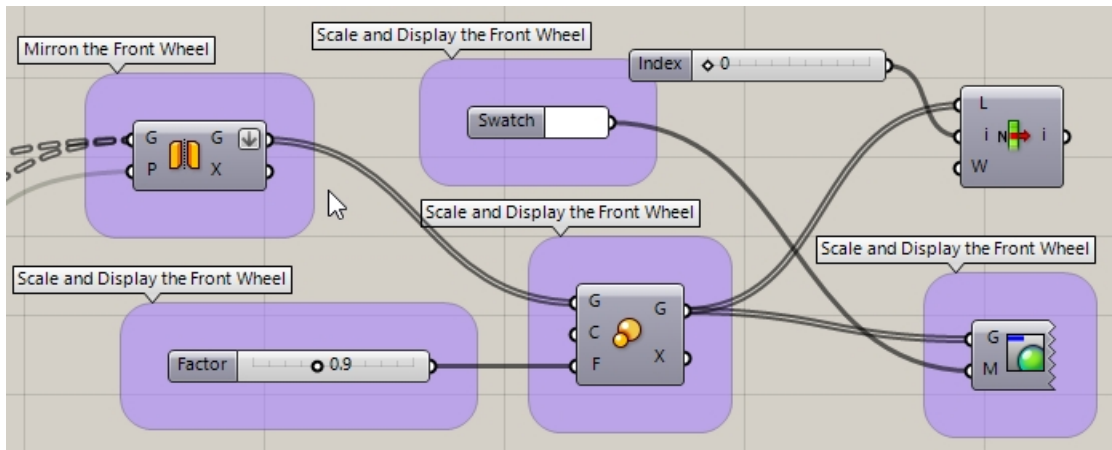
8. Ziehen Sie den **Number slider**, bis das äußere Rohr bzw. der Reifen ausgewählt ist. (Dies kann variieren. In diesem Beispiel haben wir den Schieberegler auf die Anzeige 0 gestellt, bei Auswahl des äußeren Kreises.)



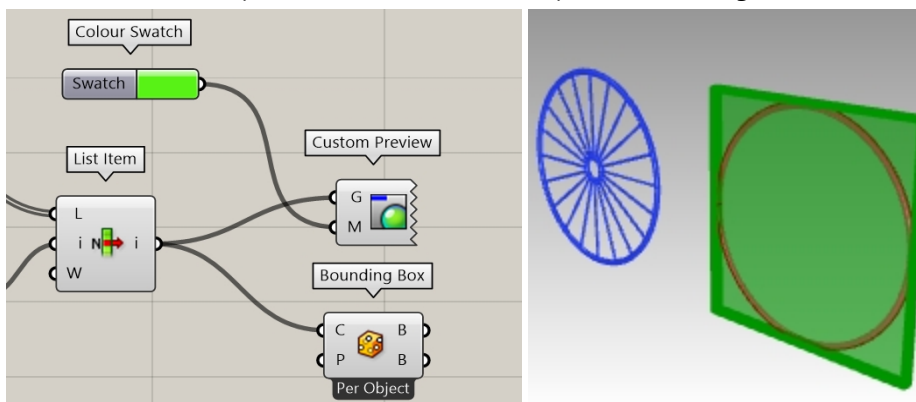
### Ausfindigmachen der Unteren Fläche des Rad-Hüllkörpers

Sie sollten nicht vom Zentrum der Reifen aus skalieren. Als nächstes verwenden Sie die Hüllkörperkomponente, um die 3D-Box mit dem darin befindlichen Reifen zu erhalten. Die untere Fläche des Hüllkörpers stellt Grasshopper den Punkt zur Verfügung, der als Zentrum der 3D-Skalierung dient.

1. Im Menü **Sets** klicken Sie auf **List Item**. Platzieren Sie die Komponente **List Item** rechts der Komponente **Scale** auf der Grasshopper-Arbeitsfläche.



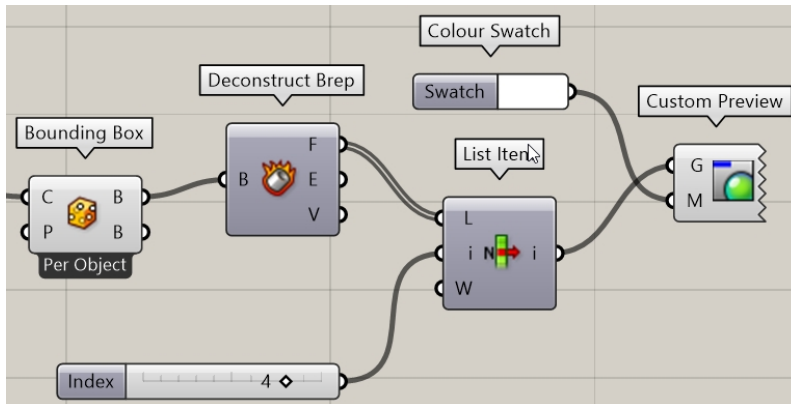
2. Verbinden Sie den Output von **Scale G** mit dem Input von **List Item I**.
3. Erzeugen Sie einen **Number Slider** durch Doppelklicken auf die Arbeitsfläche und geben Sie **0<0<5** ein. Verbinden Sie den Slider mit dem Input von **List Item i**.
4. Im Grasshopper-Menü **Surface**, unter **Primitive**, wählen Sie **Bounding Box**. Platzieren Sie es rechts des oben verwendeten **List Item**.
5. Verbinden Sie den Output von **List Item i** mit dem Input von **Bounding Box C**.



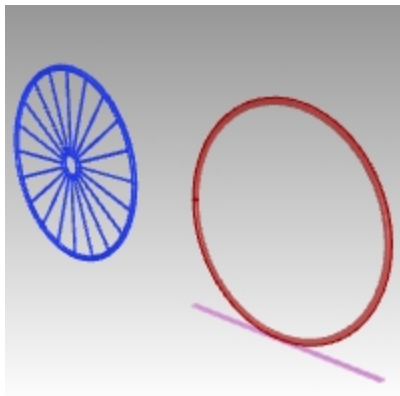
6. Im Grasshopper-Menü **Surface**, unter **Analysis**, wählen Sie **Deconstruct Brep**. Platzieren Sie es rechts von **Bounding Box**.
7. Verbinden Sie den Output von **Bounding Box B (oben)** mit dem Input von **Deconstruct Brep B**.



8. Verbinden Sie den Output von **Deconstruct Brep B** mit dem Input von **List item L**.
9. Erzeugen Sie einen Schieberegler der bei 0 beginnt, auf 0 eingestellt ist und bei 5 endet. Damit erhalten wir den Index 0 bis 5 für die 6 Seiten des Körpers.  
Doppelklicken Sie auf die Arbeitsfläche und geben Sie **0<0<5** ein.
10. Der Schieberegler erscheint. Verbinden Sie mit dem Input von **List item i**.
11. Fügen Sie eine Komponente für die **Custom Preview** hinzu und verbinden Sie den Geometrie-Output von **List Item i** aus mit der benutzerdefinierten Vorschau.
12. Verbinden Sie **Color Swatch** mit **Custom Preview M**. Doppelklicken Sie auf **Color Swatch** um eine Farbe zur Vorschau auszuwählen.



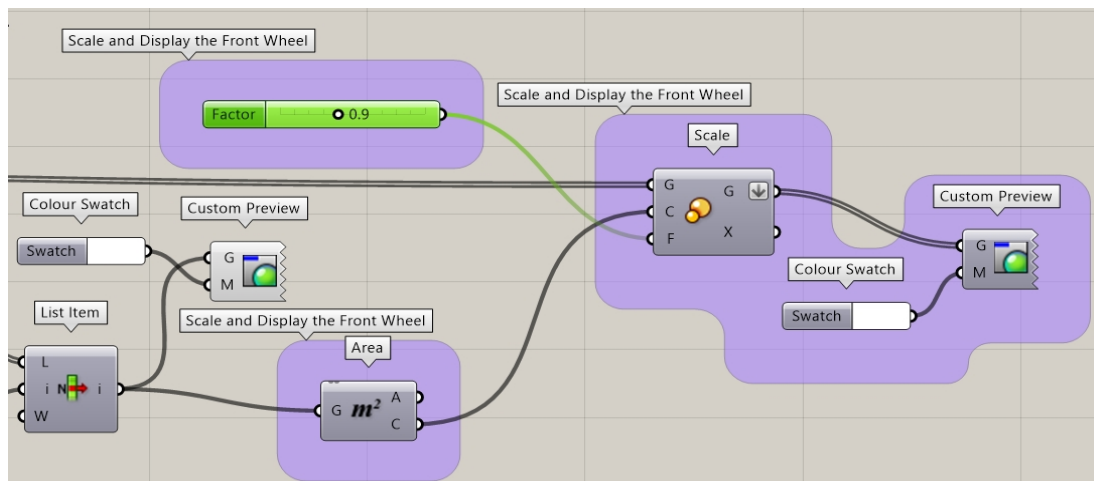
13. Ziehen Sie den **Number slider** bis die Untere Fläche des Hüllkörpers ausgewählt ist.



### Skalierung des Vorderrads von unten her

Sie haben bereits die Hüllkörperkomponente verwendet, um das Zentrum der unteren Fläche des Körpers zu erhalten. Dieses Zentrum wird als Zentrum der 3D-Skalierung benutzt.

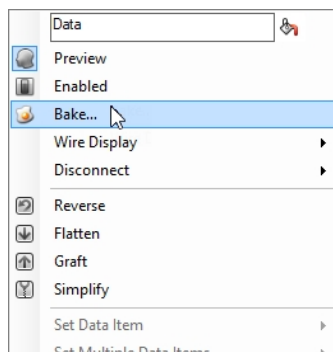
1. Im Grasshopper-Menü **Surface**, unter **Analysis**, wählen Sie **Area M2**. Platzieren Sie es rechts des oben verwendeten **List Item**.
2. Verbinden Sie den Output von **List Item i** mit dem Input von **Area m2 G**.
3. Verbinden Sie den Output von **Area m2 C** mit dem Input von **Scale C** oder Center.
4. Ziehen Sie den **Numerischen Schieberegler**, um das gespiegelte Rad von unten her zu skalieren.



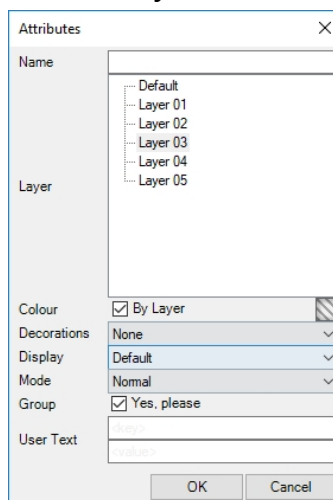
## Die Räder "backen"

Die Vorschau der Geometrie ist bisher nur in Rhino verfügbar. Um die Geometrie zum Bearbeiten, Rendern, Drucken und so weiter an Rhino zu senden, müssen Sie von bestimmten Komponenten aus Bake ausführen. Sie können gleichzeitig "Backen" und eine Zielebene auswählen und die Geometrie gruppieren.

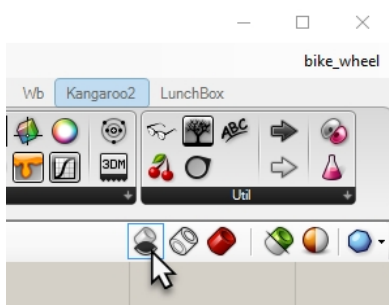
1. Im Grasshopper-Menü **Params**, unter **Primitive**, wählen Sie **Data**. Platzieren Sie es rechts von **Mirror**. Die **Data**-Komponente erstellt eine Kopie des Inputs zur kollektiven Verwendung in einer anderen Operation, wie **Bake**.
2. Verbinden Sie den Output sowohl der Komponente **Pipes** als auch **Scale** mit dem Input von **Data**.
3. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf **Data** und wählen Sie **Backen** im Menü aus.



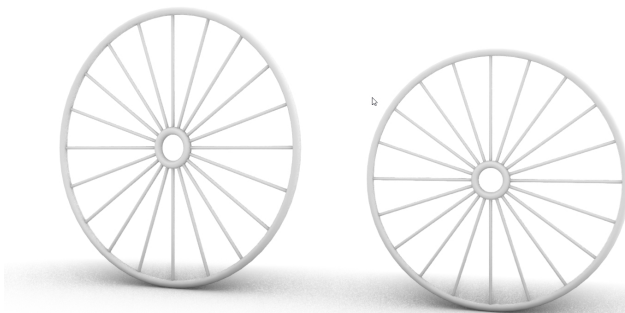
4. Wählen Sie **Layer 03** und **Yes Please** um den Output zu **Gruppieren**.



5. Deaktivieren Sie in der oberen rechten Ecke der Grasshopper-Arbeitsfläche die Vorschau der Grasshopper-Geometrie.



6. Doppelklicken Sie auf die Grasshopper-Titelzeile um die Arbeitsfläche zu minimieren.
7. Sie können jetzt das Modell in Rhino sehen.
8. Rendering des Modells.

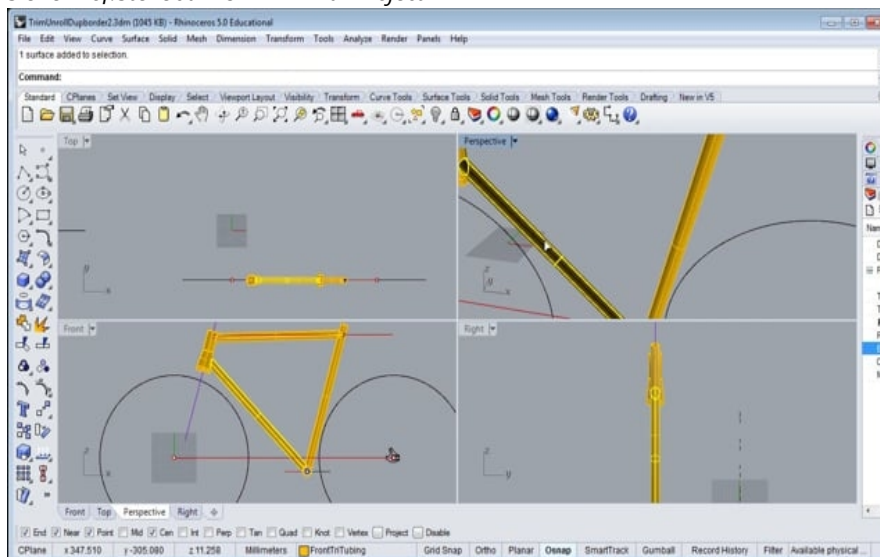


Rendering des Modells. Das Vorderrad wird in der Grasshopper-Definition von der Unterseite des Reifens her so skaliert, dass es kleiner als das Hinterrad wird.

Benutzerdefiniertes Fahrrad von Julie Pedalino und **Pedalino Bicycles**, Lenexa, Kansas.

**Hinweis:** entwerfen Sie den Rahmen und andere Bauteile Ihres Fahrrads unter Verwendung von Rhino.

Siehe Prof. Steve Jarvis' ART Final Project



<https://vimeo.com/172640973>