

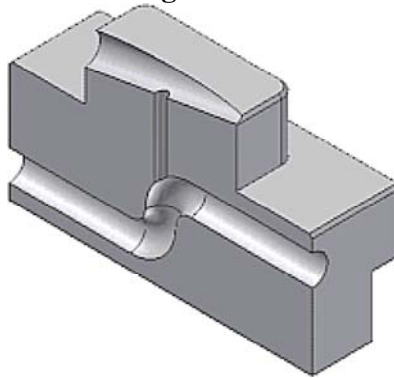
# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet

Aus OptiYummy

↑

← →

## 3. Übung im CAD-Tutorial Formstabilität von Bauteilen (Ventil) Autor: Dr.-Ing. Alfred Kamusella



*Ein Experte ist einer, der sich nach Regeln irrt.  
- Paul Valéry -*

In der 1. CAD-Übung haben wir die Bauteil-Modellierung am einfachen Beispiel eines Führungsbolzens geübt. Alle Bearbeitungsschritte wurden dabei detailliert erläutert. Nach der Vertiefung an zwei weiteren einfachen Bauteilen (2. CAD-Übung) soll dieser Prozess nun auf ein etwas komplexeres Bauteil (Ventilhälfte) angewandt werden. Wir definieren dafür ein Ventil-Projekt.

### 0. Einführung

- Anwendungsoptionen (Vorgaben)
- Koordinatensysteme

### 1. Bauteil-Modellierung

- Basiselement (Rohteil)
- Grobform
- Sweeping-Pfad
- Sweeping-Profil
- Bohrung zu gekrümmter Fläche
- Schräge Bohrung
- Kantenbearbeitung
- Modellstruktur von Bauteilen

### 2. Bauteil-Zeichnung

- Zeichnungsansichten

### Einzusendende Ergebnisse:

- Teilnehmer der Lehrveranstaltung "CAD-Konstruktion" schicken ihre Ergebnisse per Mail an **a.kamusella@ifte.de**. Als Anhang dieser Mail sind mit (xx=Teilnehmer-Nummer 01...99) folgende CAD-Dateien in einem Archiv-File (z.B. .ZIP) zu senden: **Ventil\_xx.ipt** und **Ventil\_xx.idw**.
- Einsendeschluss ist die Nacht vor dem Termin des nächsten Übungskomplexes. Die Nacht endet morgens um 10:00 Uhr.

← →

# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Anwendungsoptionen

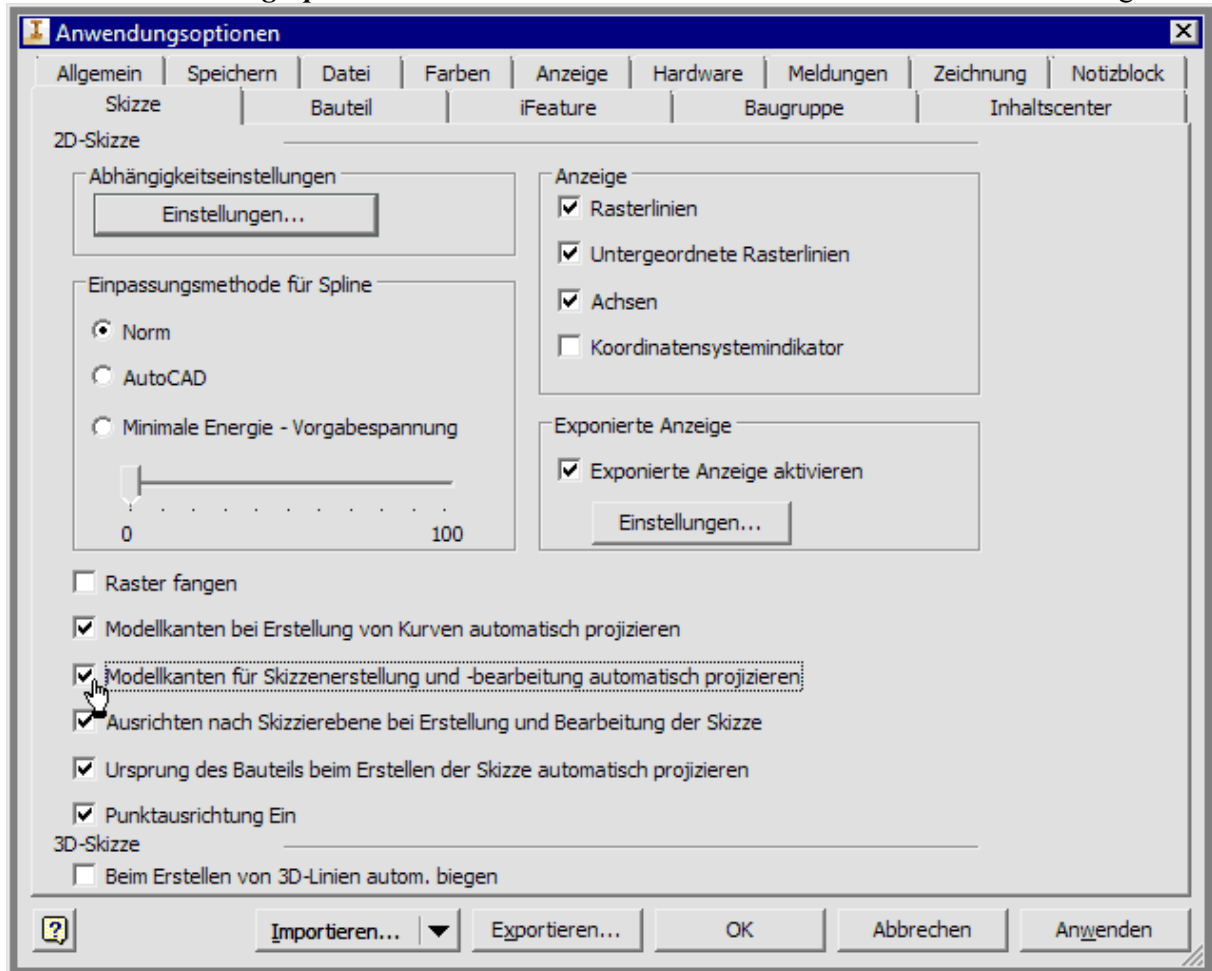
Aus OptiYummy

↑

← →

## Anwendungsoptionen (Vorgaben)

Mit *MFL > Extras > Anwendungsoptionen* kann man die Funktionalität von *Autodesk Inventor* umfanglich umgestalten:



Die Default-Einstellungen, welche man nach der Installation der Software vorfindet, sollen für die häufigsten Anwendungsfälle ein effektives und methodisch sinnvolles Arbeiten erlauben:

- Von Seiten der Entwickler werden an diesen Default-Einstellungen mit jeder neuen Programm-Version Änderungen vorgenommen.
- Diese Veränderungen im standardmäßigen Verhalten des Programms erscheinen dem Anwender nicht unbedingt als positiv!
- Ein aus den ersten beiden CAD-Übungen bekanntes negatives Beispiel ist das standardmäßige Ausblenden von Gewindeelementen in Zeichnungsansichten (ab der Inventor-Version 2015).

### Wichtig für diese Übung:

- Ab der Version 2015 fehlt auch die Funktion "**Modellkanten für Skizzenerstellung und -Bearbeitung automatisch projizieren**".
- Diese Funktion ist unbedingt zu aktivieren (siehe obiges Bild), damit die in der folgenden Anleitung beschriebenen Vorgehensweisen direkt genutzt werden können!

← →

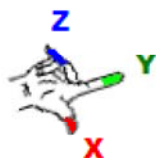
Von „[http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Anwendungsoptionen](http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Formstabilitaet_-_Anwendungsoptionen)“

# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Koordinatensysteme

Aus OptiYummy

↑

## Koordinatensysteme (Formstabilität von Bauteilen)

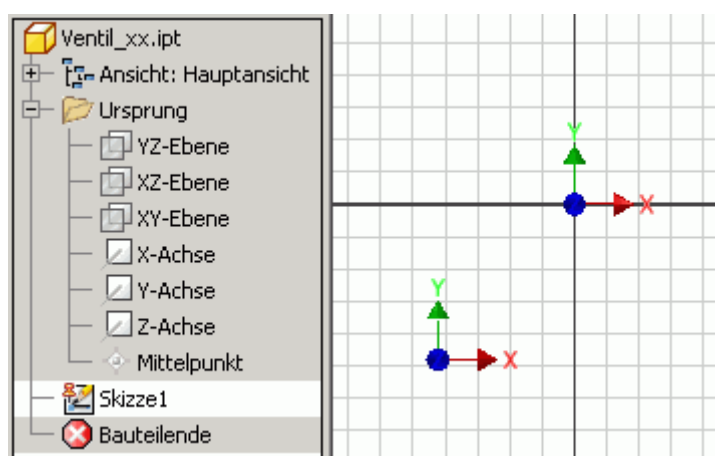


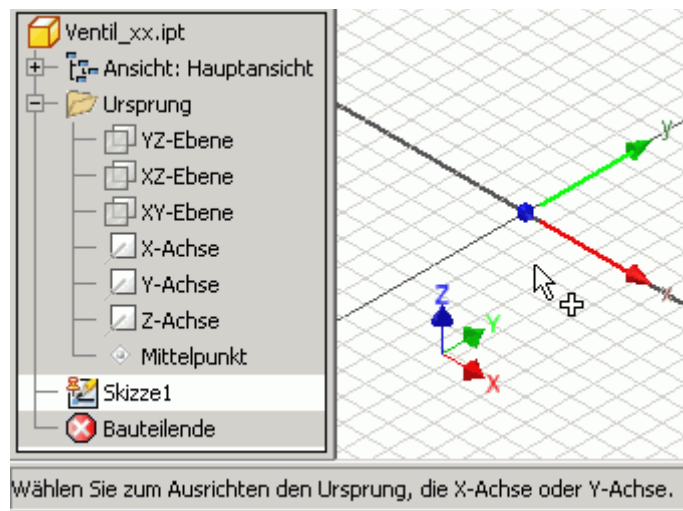
Nachdem wir ein **Ventil\_xx**-Projekt definiert haben, beginnen wir mit der Arbeit an einem neuen Bauteil **Ventil\_xx** (mit **xx**=Teilnehmernummer).

Unser Wissen aus den vorherigen Übungen zum Bauteil-Koordinatensystem werden wir nun vertiefen und auf Skizzen-Koordinatensysteme erweitern.

### Hinweise

- Wir schalten für die Skizze den "Koordinatensystemindikator" ein (Unter **Extras > Anwendungsoptionen**)!
- Durch das zusätzliche Einblenden des "Koordinatensystemindicators" werden im Skizziermodus zwei Koordinatensysteme angezeigt (Bauteil-Koordinatensystem und Koordinatensystem der aktivierten Skizze).
- Das Symbol für das 3D-Koordinatensystem des Modells (Bauteil bzw. Baugruppe) befindet sich **immer** links unten im Grafikfenster. Diese gezeigte Position entspricht nicht der realen Lage, sondern soll nur die Richtung der Koordinatenachsen anzeigen:
  - "Rechte-Hand-Regel" - Zuordnung der Achsen und Farben (RGB  $\Leftrightarrow$  XYZ).
  - Der Ursprung (0,0,0) des Systems (Mittelpunkt) liegt im Schnittpunkt der drei Arbeitsebenen.
  - Die Arbeitsebenen, -achsen und der Mittelpunkt werden im Browser unter dem Ursprungssymbol aufgeführt.
- Das 2D-Koordinatensystem einer Skizze kann in Ursprung und Ausrichtung vom Bauteil-Koordinatensystem abweichen. Die gezeigte Position des Skizzen-Koordinatensystems entspricht immer der realen Lage:
  - Man kann ein Skizzen-Koordinatensystem mittels *Koordinatensystem bearbeiten* in der Skizzierebene auf andere Punkte Platzieren (Verschieben) und an Elementkanten ausrichten (Drehen). Die Lage der Skizzierebene wird dabei nicht verändert.
  - Den zugehörigen Befehl findet man in der **MFL** in der Gruppe **Abhängig machen** der Arbeitsumgebung der **Skizze**.
  - Während der Bearbeitung wird auch der 2D-Charakter des Skizzen-Koordinatensystems deutlich (keine Z-Achse):



**Hinweise:**

- Das erste Skizzierkoordinatensystem ist in Bezug auf das Bauteilkoordinatensystem fixiert (Ursprungsmittelpunkte sind "koinzident") und kann nur in Schritten von 90° gedreht werden (da nur die Arbeitselemente des Ursprungs zum Ausrichten existieren!)
- Für die zu konstruierende Ventilhälfte soll das Koordinatensystem der ersten Skizze mit dem Bauteil-Koordinatensystem übereinstimmen (Beenden des Befehls <ESC> ohne Verdrehung!).

← →

Von „[http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_CAD\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Formstabilitaet\\_-\\_Koordinatensysteme](http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Formstabilitaet_-_Koordinatensysteme)“

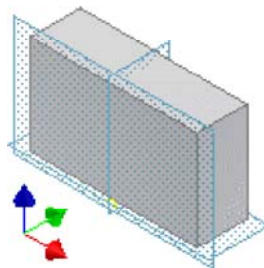
---

# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Basiselement

Aus OptiYummy

↑

← →



**Basiselement (Formstabilität von Bauteilen)**

Auch bei diesem Bauteil wollen wir bei der Modellierung konsequent den fertigungsorientierte Ansatz wählen. Für eine abtragende Fertigung (z.B. Fräsen) bedeutet dies:

1. Erstellung des Basis-Elements in der Form des Rohteils, von dem man durch Abtragung von Material zum endgültigen Teil gelangt. Das "Rohteil" sollte so primitiv wie möglich sein (z.B. Quader, Zylinder u.ä.).
2. Herausarbeiten der groben äußeren Form durch Abtragung möglichst einfacher Elemente (z.B. Quader, Zylinder u.ä.).
3. Gestaltung der Details (Vertiefungen, Bohrungen, Durchbrüche, Abrundungen und Schrägen).

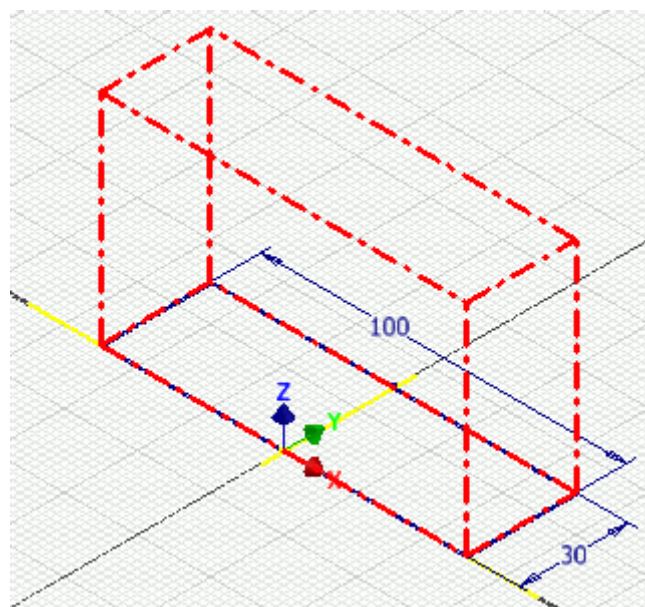
Vor der Modellierung des Basis-Elements sind die Anknüpfungsstellen zum Ursprung-Koordinatensystems zu realisieren:

- Mittelpunkt und geeignete Koordinaten-Achsen in die Basis-Skizze als Geometrie projizieren.

Als Rohteil für die Ventilhälfte soll ein **Quader** dienen (**30x100x60 mm<sup>3</sup>**). Mit Rücksicht auf die Ventilsymmetrie soll dieser Quader an der XZ-Ebene anliegen. Die untere Körperkante wird mittig im Mittelpunkt (0,0,0) des Bauteil-Koordinatensystems fixiert.

## **Hinweis:**

Für die Basis-Skizze sollte man unbedingt die Fixierung am Ursprung-Koordinatensystem überprüfen. Im Beispiel darf sich die Rechteck-Grundfläche weder verschieben noch drehen lassen (Skizze voll bestimmt!).



← →

Von „[http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Basiselement](http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Formstabilitaet_-_Basiselement)“

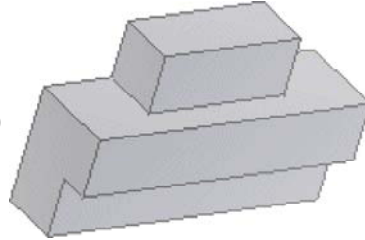
# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Grobform

Aus OptiYummy

↑

← →

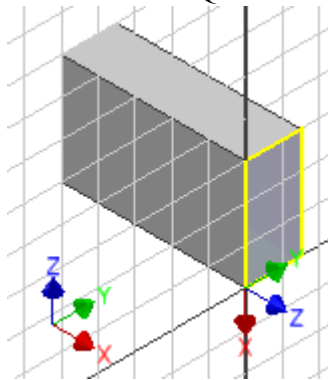
**Grobform (Formstabilität von Bauteilen)**





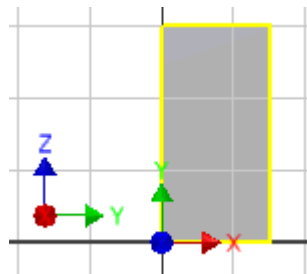
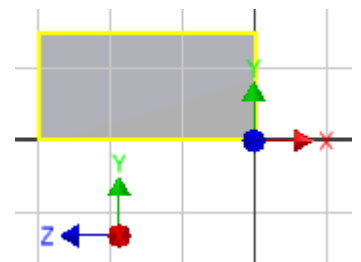
Das Herausarbeiten der Grobform des Bauteils sollte in Analogie zu den Fertigungsschritten in mehreren Etappen erfolgen. Zuerst kann z.B. folgende klavier-ähnliche Form entstehen:



Dazu ist eine neue Skizzier-Ebene auf eine Seitenfläche des Quaders zu legen:

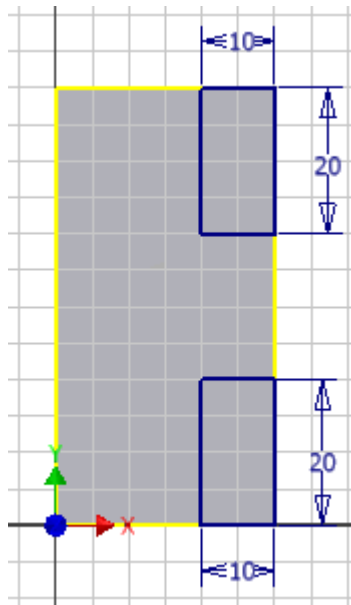


- Die "zufällige" Lage des Skizzen-Koordinatensystems ist für das Erstellen der Geometrie im Normalfall unwichtig, da man beim Skizzieren möglichst Bezug nimmt auf vorhandene Bauteil-Elemente und nicht mit Absolutkoordinaten operiert.
- Beim Skizzieren wird man meist die Ansicht an der Skizzier-Ebene ausrichten . Seit der Version *Inventor 2012* erfolgt diese Ausrichtung automatisch beim Aktivieren einer Skizze. Dabei wird eine Draufsicht auf die XY-Ebene des Skizzier-Koordinatensystems generiert. Obige Anordnung ergibt damit nebenstehende rechte Darstellung (Y-Achse des Skizzen-Koordinatensystems zeigt in der ausgerichteten Ansicht immer nach oben).
- Da die Z-Richtung des Bauteil-Koordinatensystems die Höhe des Ventils repräsentiert, ist ohne zusätzliche Drehung das Arbeiten in dieser "liegenden" Darstellung etwas ungünstig. Unter diesem Aspekt werden wir das  **Koordinatensystem bearbeiten** und in eine Richtung drehen, die nach Ausrichtung der Ansicht das folgende Bild ergibt:

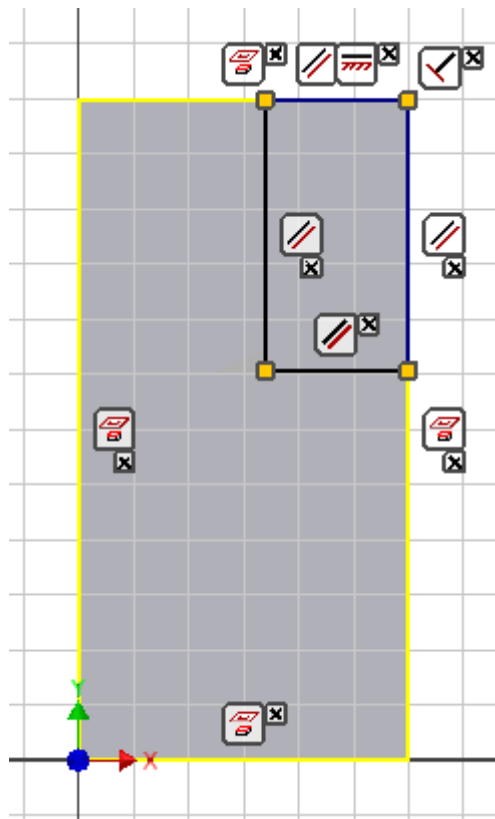


Damit ist die Welt wieder in Ordnung - Oben im Sinne des Bauteils erscheint auch in der Skizzen-Ansicht als Oben!

Die zwei Rechtecke für die abtragende Extrusion sollte man jeweils ausgehend von einer Körperkante direkt auf die Seitenfläche skizzieren:

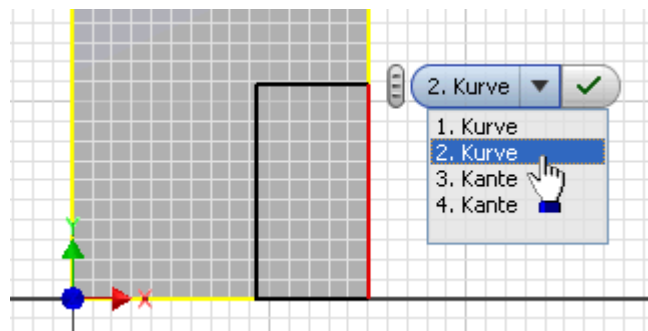


- Wenn wir beim Zeichnen eines Rechtecks von einer Körperkante ausgehen und wieder an einer Körperkante enden, so wird das Rechteck durch die automatische Erzeugung von Abhängigkeiten an diesen Kanten durch "Koinzidenz" festgeheftet:



- **Hinweise:**

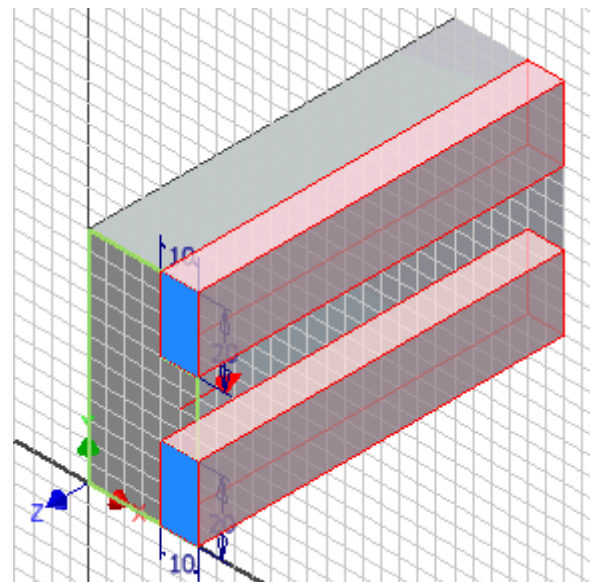
1. Die beiden Rechtecke sollen in Höhe und Breite auch unterschiedliche Größen annehmen können!
2. Bei der Auswahl der Rechteckseiten für die Bemaßung liegen Linien übereinander. Übereinander liegende Objekte selektiert man mit einem Auswahldialog (erscheint nach **Kontextmenü** > **Andere auswählen**). Über das Dropdown-Menü erkennt man das zu wählende Objekt durch farbliche Hervorhebung:



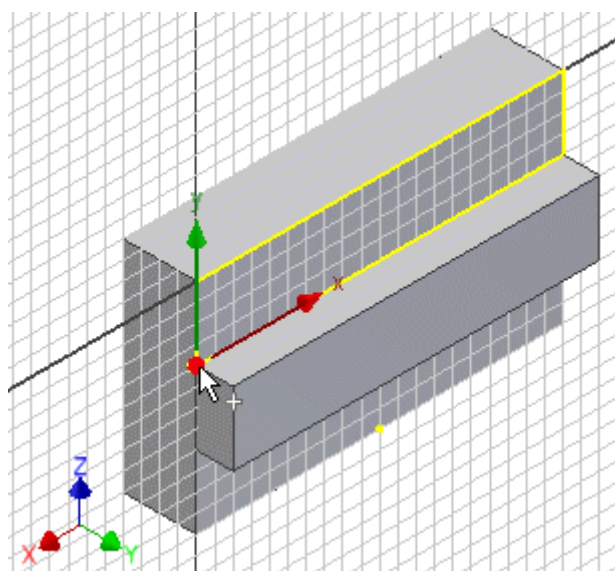
3. Häufig wird die zu selektierende Linie durch das Dropdown-Menü verdeckt. Dann sollte man zuvor diesen gesamten "Miniwerkzeug-Kasten" am Griffel (links oben) an eine geeignetere Position schieben.
4. Wird eine Bemaßung "verweigert", so sollte man die automatisch erzeugten Abhängigkeiten überprüfen. Z.B. könnte eine Ecke des Rechtecks am Mittelpunkt einer Kante "Kleben".

### Achtung:

- Beide Abtragungen sollen mit **einer** Extrusion erzeugt werden.
- Bei durchgehenden Extrusionen sollte man grundsätzlich keine absoluten Maße verwenden, sondern die Extrusion bis zur nächsten Fläche oder durch alle Elemente hindurch ausführen lassen.

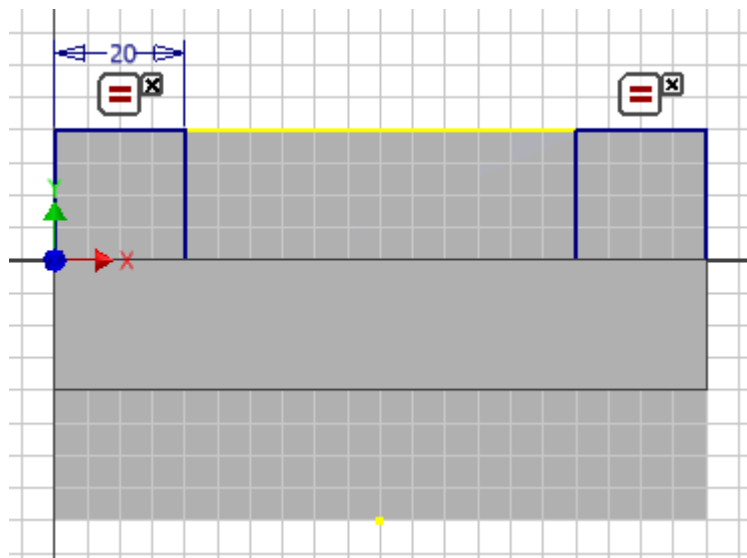


Für das Herausarbeiten des Ventilaufsatzes ist eine weitere Skizze erforderlich. Diese sollte man auf die Vorderseite des "Klavier"-Oberteils legen. Wir drehen das Skizzenkoordinatensystem dann so, dass die Y-Achse nach "oben" zeigt (wegen der Ausrichtung!):



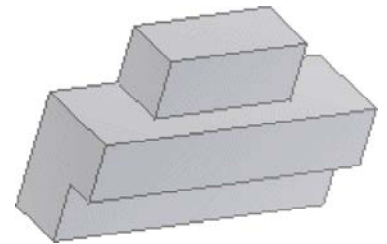
Das Ventiloberteil wird durch beidseitige Material-Abtragung von **20 mm** Breite gewonnen. Die benötigten Rechtecke der Skizze sind so an der Kontur des bisherigen Teils zu verankern, dass sie sich auch bei Größenänderungen automatisch anpassen. Die Symmetrie sollte nicht durch eine Bemaßungsabhängigkeit, sondern durch Hinzufügen der geometrischen Abhängigkeit "gleich" hergestellt werden:





**Hinweise:**

- Maßabhängigkeiten sollte man nur verwenden, wenn man das gewünschte Ergebnis durch Formabhängigkeiten nicht erreichen kann!
- Man sollte überprüfen, ob die Grobform des Bauteils bei Änderung der Hauptabmessungen des Rohteils wirklich im angestrebten Sinne stabil bleibt. Dazu ändert man temporär die Abmessungen des Rohteil-Quaders.



← →

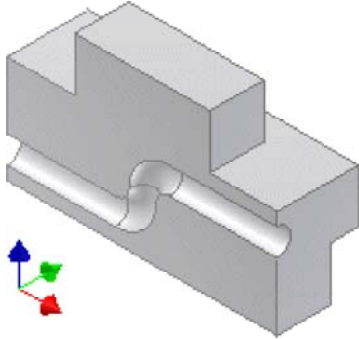
Von „[http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_CAD\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Formstabilitaet\\_-\\_Grobform](http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Formstabilitaet_-_Grobform)“

# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Sweeping-Pfad

Aus OptiYummy

↑

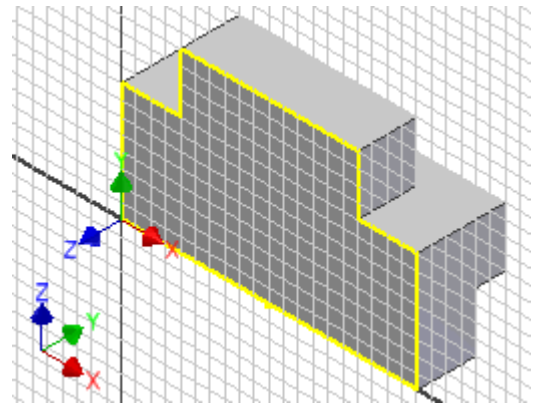
← →



**Sweeping-Pfad (Formstabilität von Bauteilen)**

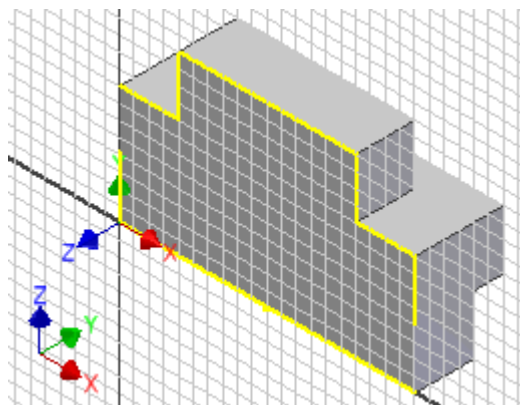
Die gekrümmte Durchführung für ein Fluid ist als skizziertes Element durch "Sweeping" eines Kreises entlang einer gekrümmten Mittellinie als Pfad herstellbar. Die Öffnungen der Durchführung sollen in der Höhe jeweils **mittig** in den jeweiligen Ventil-Absätzen enden:

- Beim Erstellen einer neuen Skizze auf der Mittelebene des Ventils wird automatisch die Kontur der Körperfläche auf diese Skizze projiziert (wenn dies in *Anwendungsoptionen - Skizze* aktiviert ist!).
- Wir positionieren (wenn erforderlich) das Skizzenkoordinatensystem so wie im nebenstehenden Bild gezeigt, damit nach einem Ausrichten der Ansicht an der Skizzierebene der Ventilaufsatz oben ist.



In einer Skizze kann man nur Abhängigkeiten zu 2D-Elementen herstellen, welche in der gleichen Skizze existieren. An Linien stehen für die Koinzidenz-Abhängigkeit ohne zusätzliche Definition nur die Mittel- und Endpunkte zur Verfügung:

- Um die Enden des Sweepingpfades mittig in den Ventilabsätzen zu verankern, muss man die zugehörigen (hinteren) Kanten auf die aktuelle Skizze als *Geometrie projizieren*.
- Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist es günstig, zuvor die an gleicher Position befindlichen senkrechten Kanten der Skizze löschen:



## Referenzgeometrie:

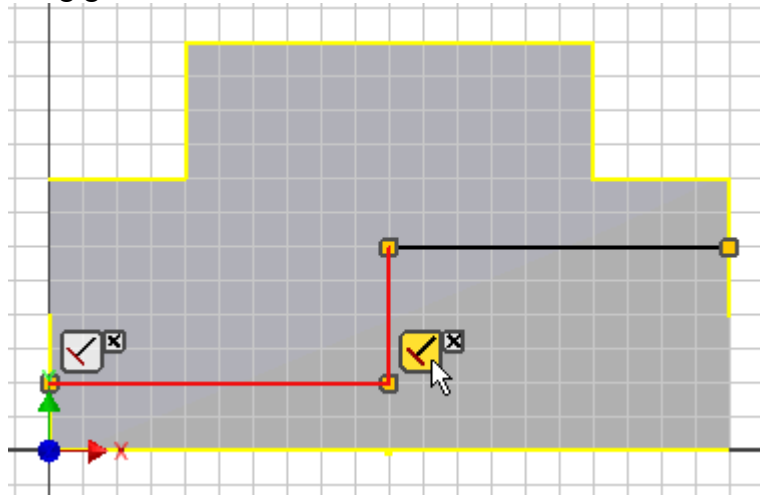
- Mittels *Geometrie projizieren* kann man beliebige Kanten vorhandener Bauteil-Elemente in der aktuellen Skizze als Kurven abbilden.



- Im Unterschied zu "skizzierter Geometrie" werden diese Kurven durch Abhängigkeiten außerhalb der aktuellen Skizze bestimmt.
- Referenzgeometrie bildet die Grundlage, um geometrische Abhängigkeiten zwischen den Elementen eines Bauteils zu definieren.
- Beim Platzieren einer neuen Skizze auf einer Bauteilfläche wird standardmäßig die Kontur dieser Fläche als Referenzgeometrie auf die Skizze projiziert.

An die Mittelpunkte der zuvor projizierten Linien können wir nun einen "geknickten" Linienzug anhängen:

- Das *Einblenden aller Abhängigkeiten* (**Kontextmenü** oder <F8>) zeigt die beim Zeichnen des Linienzuges automatisch erzeugten Abhängigkeiten:

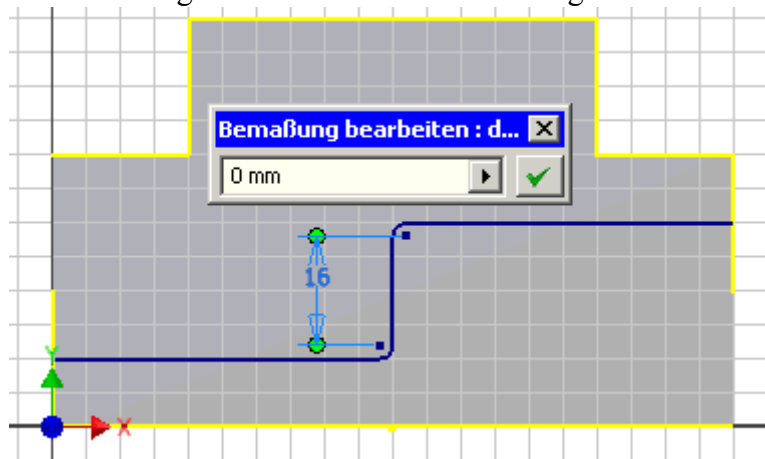


- Über die eingeblendeten Symbole und Hilfslinien konnte man beim Zeichnen die erzeugten Abhängigkeiten ziemlich intuitiv steuern. Im Beispiel sind das die Koinzidenz zu den Mittelpunkten der projizierten Körperkanten und die Rechtwinkligkeit zwischen den Linien und zu den Körperkanten.
- Über weitere Abhängigkeiten muss im Beispiel noch definiert werden, dass die beiden waagerechten Linienstücke gleich lang sind (wegen der Symmetrie). Außerdem muss die komplette Rechtwinkligkeit des Linienzuges gewährleistet werden (im Beispiel könnte man die senkrechte Linie noch in der Länge ändern!).

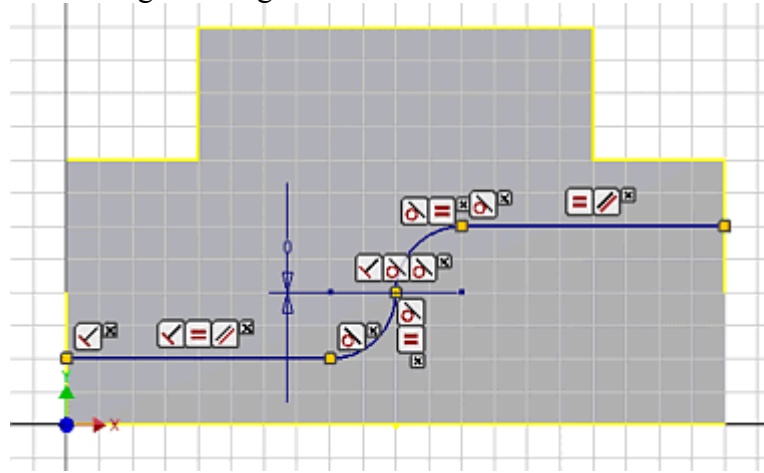
Die Form des geknickten Linienzuges ist erst vollständig durch Abhängigkeiten bestimmt, wenn es nicht mehr gelingt, durch Ziehen mit dem Cursor an beliebigen Elementen dieser Linie eine Änderung der Form zu erzeugen. Je nach gewähltem Farbschema äußert sich die Bestimmtheit auch in der Farbe der Skizzen-Elemente.

Die Ecken des Linienzuges runden wir mit gleichen Radien ab. Dieser Radius soll sich so einstellen, dass der stetige Übergang zwischen beiden Radien ohne lineares Zwischenstück erfolgt:

- Wir können beim Abrunden die Radien-Vorgabe von z.B. 2 mm beibehalten. Benutzen wir den gleichen Radius für das Abrunden mehrere Ecken, so wird nur einmal die Bemaßung vorgenommen. Alle Rundungen erhalten automatisch die Abhängigkeit **Gleich**. Danach löschen wir die Bemaßung, damit sich der Rundungsradius automatisch anpassen kann.
- Die Reststrecke zwischen den Rundungen kann man durch Bemaßung auf 0 mm ändern:



- Durch "Ziehen" mit dem Cursor sollte man kontrollieren, dass der Pfad in dieser Form stabilisiert ist. Mögliche Abhängigkeiten dafür zeigt das folgende Bild:



- Damit ist die Pfadskizze für die Sweeping-Operation fertig und wir können diese Skizze beenden.

← →

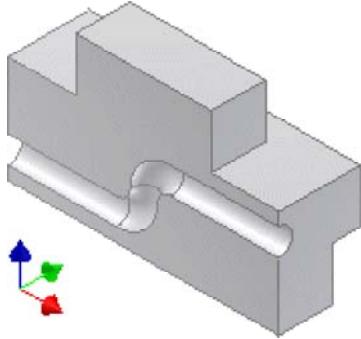
Von „[http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_CAD\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Formstabilitaet\\_-\\_Sweeping-Pfad](http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Formstabilitaet_-_Sweeping-Pfad)“

# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Sweeping-Profil

Aus OptiYummy

↑

← →

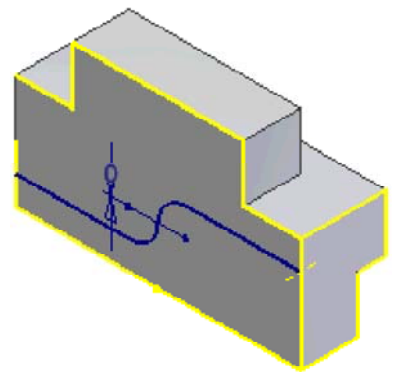
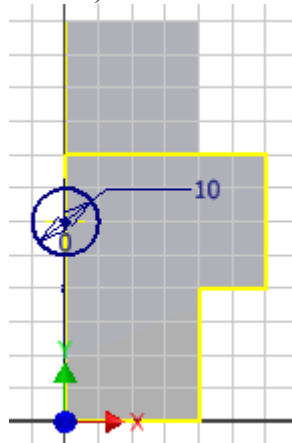


**Sweeping-Profil (Formstabilität von Bauteilen)**

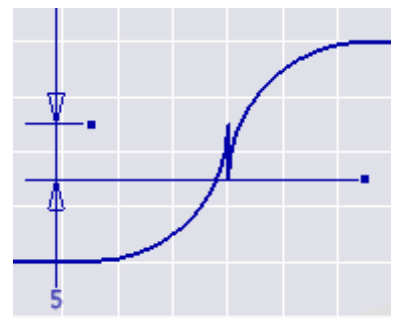
Das für das Sweepen benötigte Kreis-Profil muss auf einer separaten Profilskizze (normale 2D-Skizze) definiert werden. Diese sollte man auf einer Stirnseite der Ventilhälfte platzieren. Dabei wird die Kontur dieser Stirnseite wieder automatisch als Referenzgeometrie auf diese neue Skizze projiziert.

**Achtung:** Wir richten das Skizzen-Koordinatensystem wieder so aus, das "Oben" nach dem Ausrichten der Ansicht auf die Skizze wirklich "Oben" ist!

Nun steht man vor der Aufgabe, den Mittelpunkt des Kreises am Endpunkt des Sweeping-Pfades zu verankern. Dabei sollte man möglichst mit geometrischen Abhängigkeiten arbeiten und dies nicht über Bemaßung erzwingen! Wir projizieren den Endpunkt des Sweepingpfades auf die Skizze. Damit ist gesichert, dass der Kreismittelpunkt sich immer genau dort befindet (Skizze im rechten Bild wurde wegen der Übersichtlichkeit beendet!):



- Der Kreis soll einen Durchmesser von **10 mm** erhalten.
- Nun kann man das **Sweeping** ("Ausrichtung=Pfad") ausführen. Dazu sollte man die Ausgangsansicht wählen.
- Bis einschließlich der Inventor-Version 2014 erhielt man mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 100% eine Fehlermeldung und konnte die gewünschte Sweeping-Operation nicht ausführen!
- Seit der Inventor-Version 2015 scheint es zu funktionieren, obwohl die Pfad-Definition in dieser Form "unsauber" ist!



Die "Unsauberkeit" erkennt man, wenn man die Länge 0 mm zwischen den beiden Bögen wieder vergrößert (z.B.

5 mm). Die geometrischen Abhängigkeiten führen an dieser Stelle zu zwei Lösungen für den Übergang. Die Lösung mit dem "negativen" Abstand erlaubt dabei kein Sweeping! Das galt in älteren Inventor-Versionen scheinbar auch für die "negative Null".

### Wir erzeugen eine "saubere" Lösung für den Sweeping-Pfad:

- Ursache ist die Bemaßung des nicht benötigten Zwischenstücks zwischen den Bögen mit der Länge 0 mm. Solche "Tricks" bereiten häufig Probleme!
- Deshalb löschen wir die Strecke zwischen den Bögen und ergänzen für die Bögen solche Abhängigkeiten, dass der gewünschte Pfadverlauf knickfrei festgelegt ist (Koinzidenz, Tangential).
- Problematisch ist dabei die Realisierung eines senkrechten Anstiegs am Berührungspunkt der Bögen! Hier kann man sich z.B. behelfen, indem man eine (Hilfs)-Linie zwischen den Mittelpunkten der beiden Bögen zeichnet und diese Linie parallel zu einer waagerechten Pfadlinie ausrichtet. Vielleicht hat jemand noch eine bessere Idee!

### Quintessenz:

- Man sollte nie eine Bemaßungsabhängigkeit verwenden, wenn man das gleiche Ergebnis durch geometrische Abhängigkeiten erreichen kann.
- Bei der Verwendung von Bemaßungen sollte man keine Tricks benutzen (z.B. Strecken der Länge Null, Bögen mit "fast" unendlichem Durchmesser als Geradenstück).



### Nicht vergessen:

- Nach wichtigen Entwurfsabschnitten sollte man überprüfen, ob das CAD-Modell noch formstabil ist.
- Wir untersuchen hier durch temporäre Maßänderungen am Rohteil und an der Grobform, ob der "Fluid-Kanal" den gewünschten Verlauf behält (Symmetrie und Ausgänge in der Mitte der jeweiligen Ventilabsätze).

← →

Von „[http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Sweeping-Profil](http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Formstabilitaet_-_Sweeping-Profil)“

# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Bohrung1

Aus OptiYummy

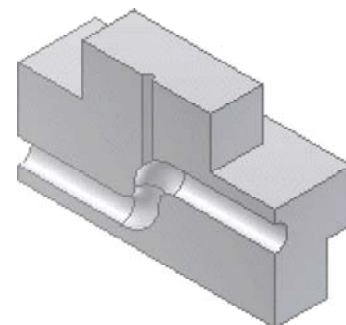
↑

← →

## Bohrung zu gekrümmter Fläche (Formstabilität von Bauteilen)

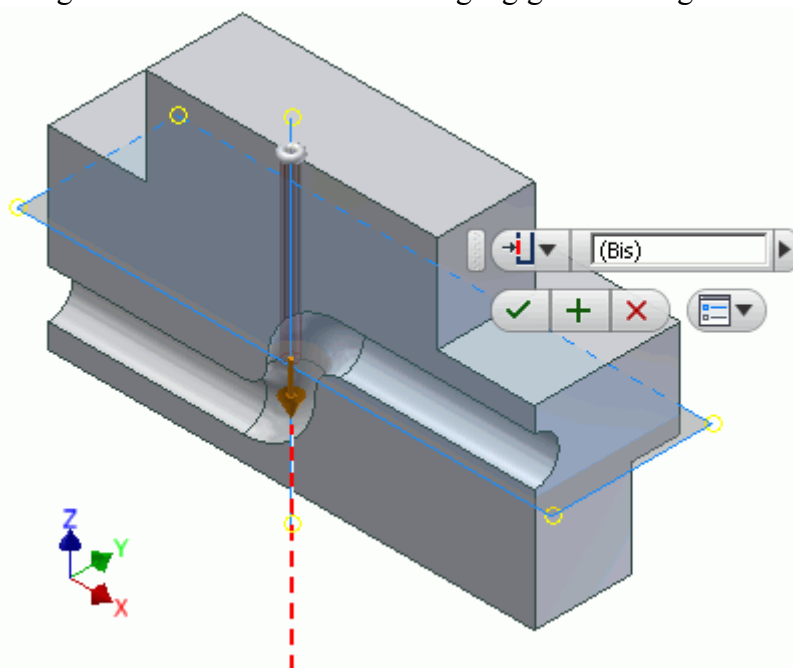
Die senkrechte, zentrische Bohrung soll mit  $\text{Ø}4 \text{ mm}$  vollständig bis in den gekrümmten Fluidkanal führen (unabhängig von der konkreten Höhe), z.B.:

- Arbeitspunkt auf Mittelpunkt der Kante
- Arbeitsachse entlang der geplanten Bohrung. Hierfür ist keine zusätzliche Arbeitsachse erforderlich, sondern wir nutzen die Z-Achse des Ursprung-Koordinatensystems.



Das Problem besteht darin, dass man als Ausführungstyp zwar bis zu einer Fläche bohren kann, aber diese muss planar (eben) sein. Wir benötigen deshalb eine zusätzliche Arbeitsebene in der richtigen Höhe. Diese muss an der vorhandenen Geometrie verankert werden:

- Die Arbeitsebene sollte ausgehend von der XY-Ebene des Ursprung-Koordinatensystems an dem Übergang zwischen den beiden Krümmungen platziert werden. Bohren bis zu dieser Ebene führt unabhängig von den konkreten Ventil-Abmessungen dann immer zu einer durchgängigen Bohrung:



- Die Arbeitsebene kann man über den Browser auf unsichtbar schalten, wenn die Bohrung ausgeführt ist.

← →

Von „[http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_CAD\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Formstabilitaet\\_-\\_Bohrung1](http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Formstabilitaet_-_Bohrung1)“

# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Bohrung2

Aus OptiYummy

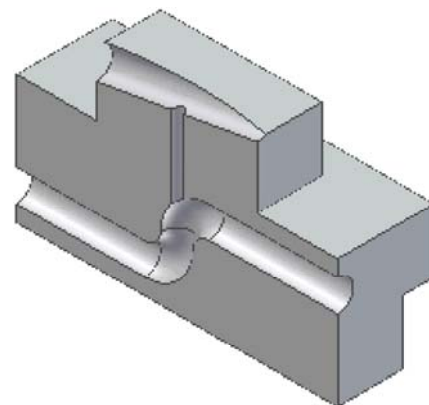
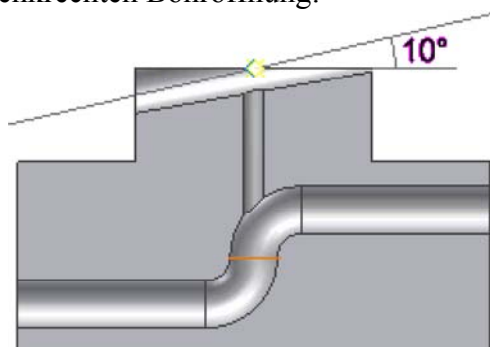
↑

← →

## Schräge Bohrung (Formstabilität von Bauteilen)

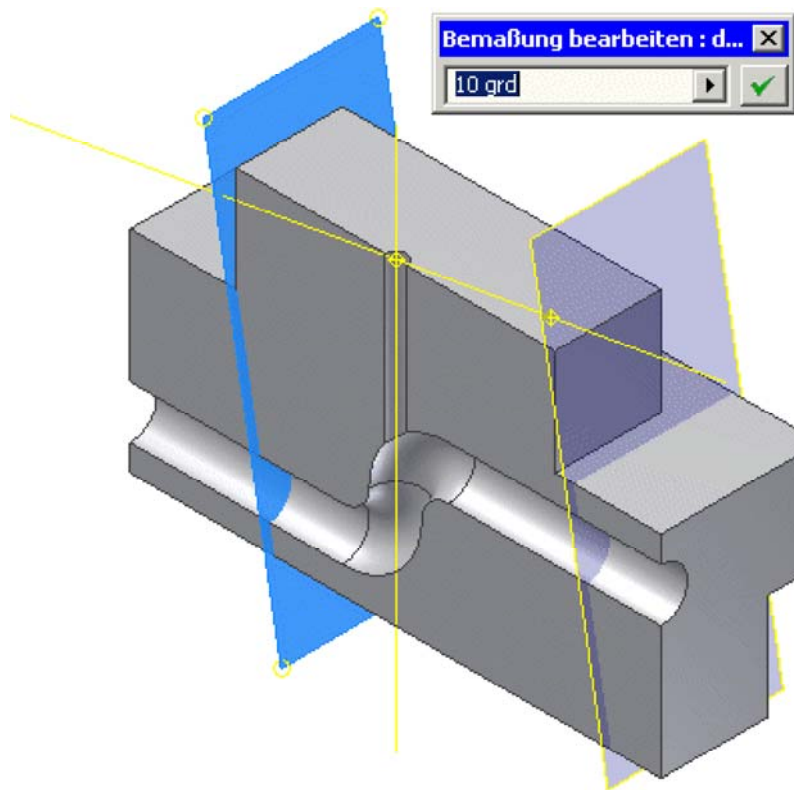
Etwas komplizierter ist die Lagerschale auf der Deckfläche. Sie wird zur Übung als **10 mm-Bohrung** realisiert, obwohl sie in Wirklichkeit (wie auch die senkrechte Bohrung) mit einem Kugelkopffräser hergestellt würde:

- Die Achse der Bohrung ist um  $10,xx^\circ$  geneigt und verläuft durch den Mittelpunkt der senkrechten Bohröffnung:



- $xx$  = Teilnehmernummer 01..99
- Voraussetzung für die Bohrung ist eine entsprechend geneigte ebene Fläche.
- Dafür muss man eine Arbeitsebene konstruieren.
- Arbeitsebenen kann man über alle denkbaren geometrischen Operationen definieren, z.B.:
  1. über 3 Punkte
  2. über 1 Punkt und 1 Strecke
  3. über eine Ebene und einen Punkt für den Versatz zur Ebene
  4. über eine Drehachse und die Bezugsebene für die Neigung zur Bezugsebene
- Als Hilfspunkte bzw. -strecken kann man bei Bedarf Arbeitspunkte/-achsen definieren.





Eine Möglichkeit, um die Bohrung in einem Schritt erzeugen zu können, ist im obigen Bild angedeutet:

- Eine Arbeitsebene dient zusammen mit einem Arbeitspunkt als Beginn der Bohrung.
- Mittels Arbeitsachse wird die Richtung der Bohrung vorgegeben.
- Eine zweite Arbeitsebene dient zur Begrenzung der Bohrung. Damit wird gewährleistet, dass bei ungünstigen Abmessungen des Ventils der untere Teil nicht mit angebohrt wird.
- Vielleicht findet jemand eine Variante, um mit weniger Arbeitselementen auszukommen!

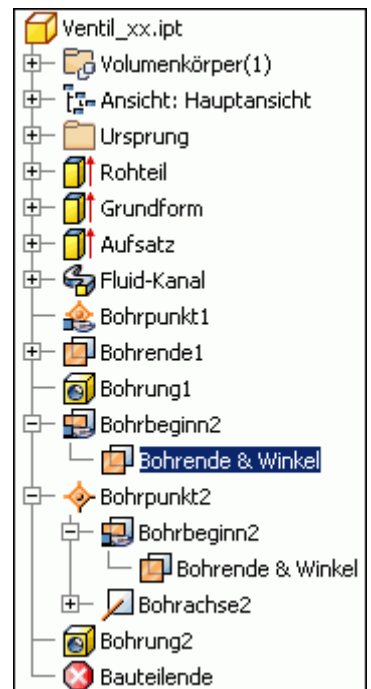
### **Achtung:**

Bei der Bewertung der im Rahmen der Lehrveranstaltung eingesandten Lösung wird Wert gelegt auf eine "saubere" Definition der Abhängigkeiten:

- Es darf für diese Hilfskonstruktion **nur eine Maßabhängigkeit** verwendet werden (die Neigung von  $10,xx^\circ$ ). Dieser Wert sollte direkt verwendet werden (nicht  $-10,xx^\circ$  oder  $100,xx^\circ$ ).
- Die Änderung dieses Maßes an einer Stelle muss die komplette Hilfskonstruktion anpassen, so dass die Bohrung im gewünschten Sinne ausgeführt wird.
- Durch die Bezeichnung der Arbeitselemente muss im Browser erkennbar sein, wo dieses Winkel-Maß geändert werden kann!
- Falls es noch nicht während der vorangegangenen Modellierung erfolgte, sollte man jetzt alle Modellelemente mit funktionell sinnvollen Bezeichnungen versehen.

### **Hinweis:**

- Nach Ausführung der schrägen Bohrung kann man die Sichtbarkeit der Arbeitselemente ausschalten.
- Das betrifft nicht die Arbeitsachsen, welche gleichzeitig Bohrachsen darstellen. Diese benötigen wir voraussichtlich noch als Mittel-Linien in der Zeichnung!



Von „[http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Bohrung2](http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Formstabilitaet_-_Bohrung2)“

# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Kantenbearbeitung

Aus OptiYummy

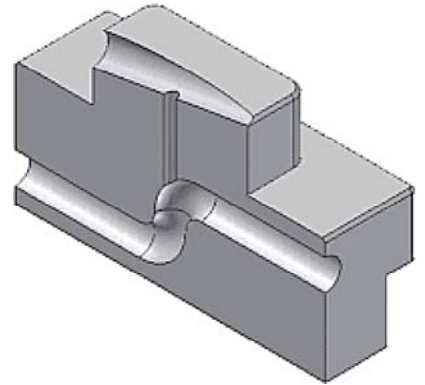
↑

← →

## Kantenbearbeitung (Formstabilität von Bauteilen)

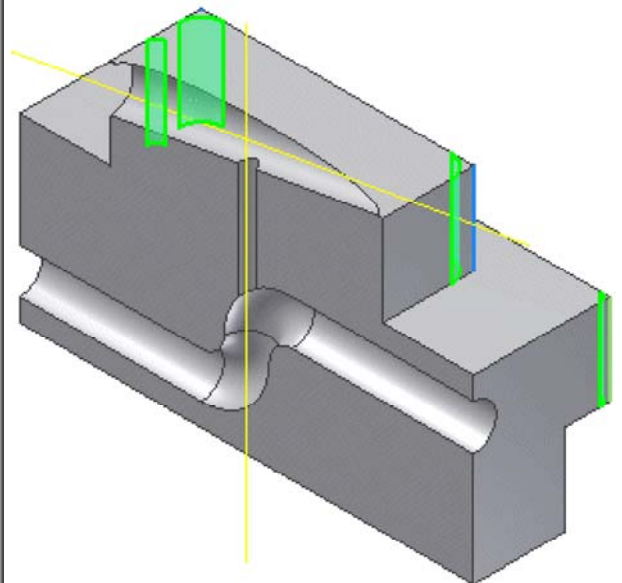
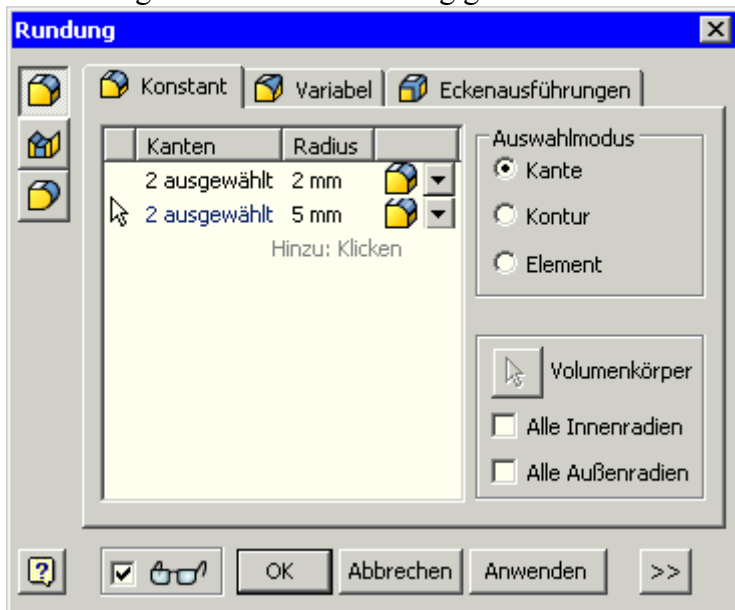
Zur Kantenbearbeitung stehen Fasen- und Rundungselemente zur Verfügung:

- Dabei handelt es sich um platzierte Elemente, die als Abschluss-Elemente verwendet werden.
- Diese sollte man erst anwenden, wenn die anderen Elemente des Bauteils fertig sind.



Wir beginnen mit den Abrundungen:

- Der Aufsatz des Ventilkörpers soll an den beiden Ecken mit einem Radius von 5 mm abgerundet werden.
- Die zwei senkrechten Kanten des mittleren Absatzes sind mit einem Radius von 2 mm abzurunden:
- Alle Rundungen sind in dieser Übung gemeinsam als 1 Element zu erstellen:

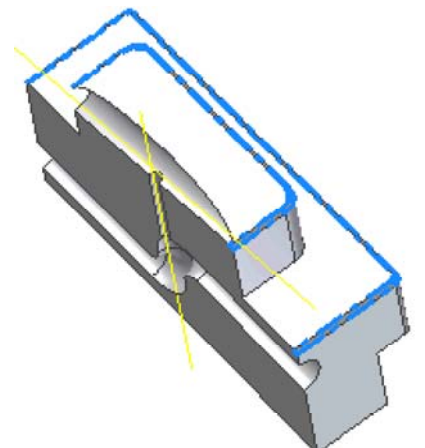


Abschließend versehen wir die Oberseiten des Ventilkörpers umlaufend jeweils mit einer Fase 1x45°.

### Hinweis:

- Zum Schluss sollte man unbedingt überprüfen, ob die Form des Ventilkörpers bei Maßänderungen erhalten bleibt.
- Dazu ändert man systematisch die wesentlichen Maße temporär in sinnvollen Grenzen.
- Meist ist eine Vergrößerung der Maße hierfür am Aussagekräftigsten.

← →



Von „[http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_CAD\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Formstabilitaet\\_-\\_Kantenbearbeitung](http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Formstabilitaet_-_Kantenbearbeitung)“

# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Modellstruktur

Aus OptiYummy



## Modellstruktur (Formstabilität von Bauteilen)

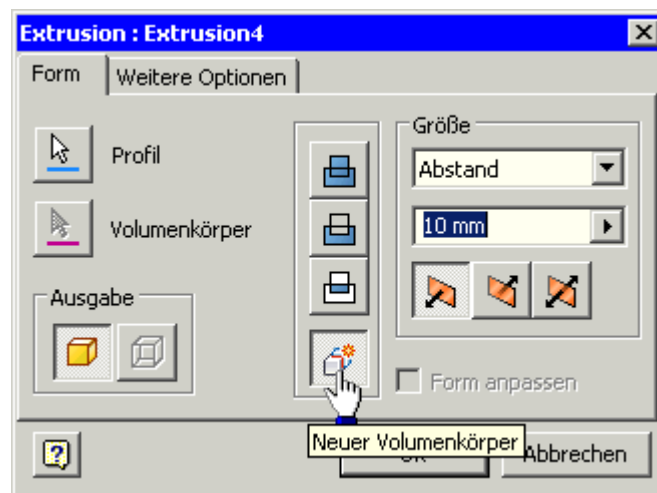
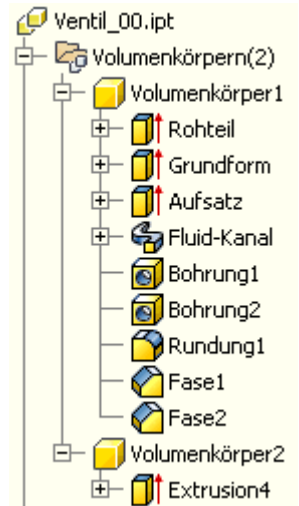


CAD-Modelle von Bauteilen besitzen unter zwei Aspekten eine hierarchische Struktur.

### 1. Hierarchie des Bauteil-Volumens

Wir haben unsere Bauteile bisher als homogenes Volumen mit einem einheitlichen Material betrachtet. In *Autodesk Inventor* kann ein Bauteil jedoch aus beliebig vielen Volumenkörpern zusammengesetzt sein:

- Das widerspiegelt sich im Modell-Browser im ersten Strukturzweig -> Ordner *Volumenkörpern(X)* mit *Volumenkörper1* bis *VolumenkörperX*
- Im nebenstehenden Beispiel wurde dafür temporär ein weiterer *Volumenkörper2* durch *Extrusion* erzeugt, um dieses Prinzip zu demonstrieren.
- Beim Erzeugen skizzierter Elemente kann man dafür die Funktion **Neuer Volumenkörper** aktivieren, z.B.:



- Jeder einzelne Volumenkörper setzt sich aus seinen einzelnen Elementen zusammen.
- Als Eigenschaften besitzt jeder Volumenkörper eine Masse, ein Volumen, eine Oberfläche und seine Schwerpunkt-Position.
- Alle Volumenkörper bestehen aus dem einheitlichen Material des Bauteils.
- **Achtung:** Arbeitselemente (u.a. auch der *Ursprung*) sind nicht Bestandteil des Bauteil-Volumens!

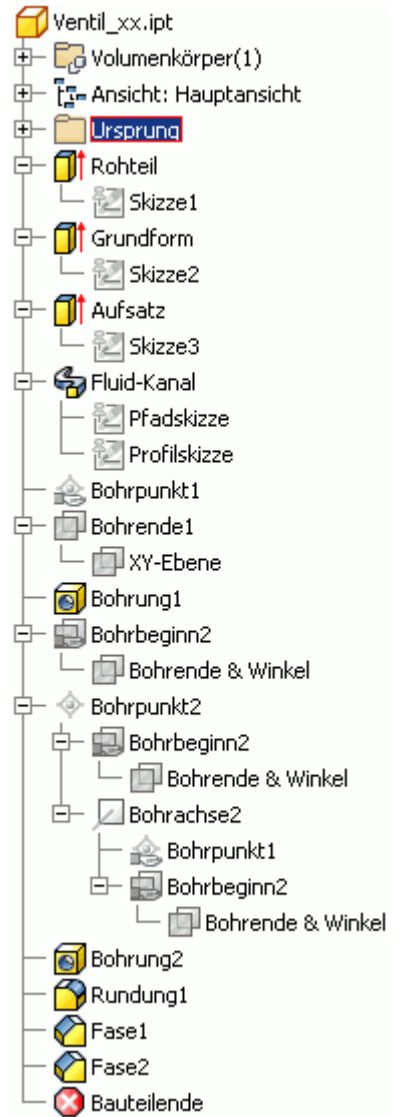
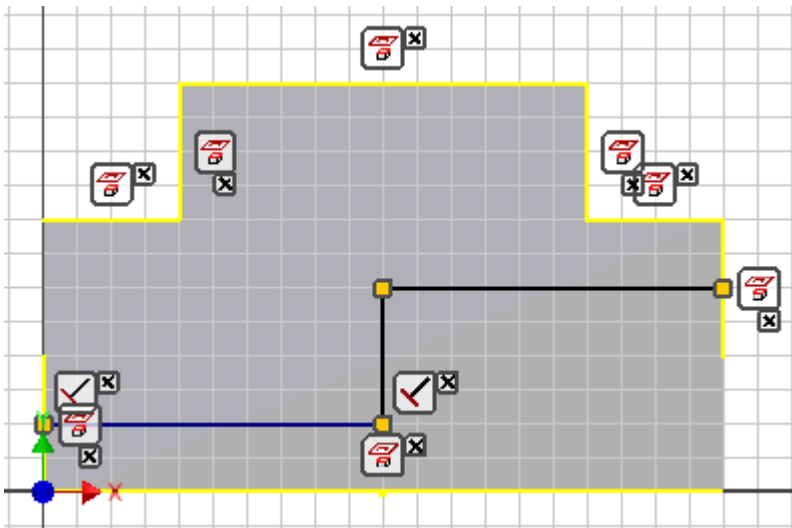
Es ergibt sich folgende Hierarchie für das Bauteil-Volumen:

- **Bauteil-Volumen** (z.B. Ventil)
  - **Volumenkörper** (z.B. Ventilkörper)
    - **Element** (z.B. Extrusion, Rotation, Sweeping, Bohrung, usw.)
      - **Skizze** (z.B. 2D-Profilskizze, 2D-Pfadskizze)
        - **2D-Geometrie** (z.B. Linie, Kreis, projizierte Elementkante)

## 2. Hierarchie geometrischer Abhängigkeiten

Zwischen den Bauteil-Objekten (Elemente/Skizzen) existieren geometrische Abhängigkeiten. Diese werden im Modell-Browser unterhalb der Volumenkörper abgebildet:

- Der Ursprung des Bauteils mit seinen Koordinaten-Achsen und -Ebenen bildet die Wurzel der Abhängigkeitshierarchie und steht an erster Stelle.
- Jedes neue Objekt wird in Bezug auf vorhandene Bauteil-Geometrie (Elemente) definiert. Abhängigkeiten zwischen Skizzen sind im Einzelfall ebenfalls möglich.
- Innerhalb der Abhängigkeitsstruktur kann ein Objekt nicht oberhalb derjenigen Objekte angeordnet werden, auf welche in seiner Definition Bezug genommen wird.
- Die Art der Abhängigkeiten ist in der Browser-Struktur nicht visualisiert. Eine Ausnahme bilden Arbeitselemente, welche auf Basis anderer Arbeitselemente definiert wurden. Diese Beziehungen werden jeweils als ein Zweig in der Struktur dargestellt.
- Die einzelnen geometrischen Abhängigkeiten werden nur durch das Einblenden von Abhängigkeiten <F8> in zuvor aktivierten Skizzen visualisiert:



- Der resultierende Volumenkörper eines Bauteils entsteht durch das schrittweise Abarbeiten der Hierarchie geometrischer Abhängigkeiten im Sinne des Nachvollziehens der Historie des Entwerfens. Dabei handelt es sich jedoch um die von "Irrtümern" bereinigte Historie des Entwurfs. Die beim Entwerfen gemachten Fehler und Fehler-Korrekturen werden nicht mehr abgearbeitet!
- Der Vorteil dieses Historien-orientierten Ansatzes besteht in der Möglichkeit, nachträglich beliebige Objekte innerhalb dieser Hierarchie bearbeiten zu können. Man muss allerdings darauf achten, dabei keine notwendigen Abhängigkeiten zu zerstören. Man erhält in diesem Fall jedoch eine Warnung durch das CAD-Programm, welches die Konsistenz aller Abhängigkeiten überwacht.

← →

Von „[http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_CAD\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Formstabilitaet\\_-\\_Modellstruktur](http://www.optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Formstabilitaet_-_Modellstruktur)“

# Software: CAD - Tutorial - Formstabilitaet - Zeichnungsansichten

Aus OptiYummy

↑

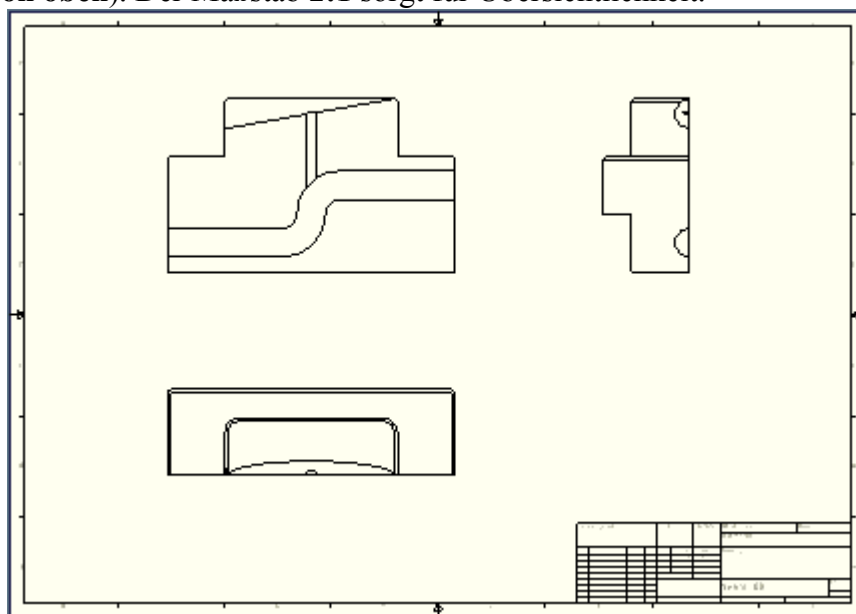
← →

## Zeichnungsansichten (Bauteil-Zeichnung)

Wir müssen von der Ventilhälfte die vollständig bemaßte Bauteil-Zeichnung (*Ventil\_xx.idw*) mit den erforderlichen Ansichten erstellen. Dafür benutzen wir die in der vorherigen Übung erstellte Vorlage-Datei. Der Anspruch, möglichst alle Informationen direkt aus dem CAD-Modell zu übernehmen, ist dabei gar nicht so einfach realisierbar!

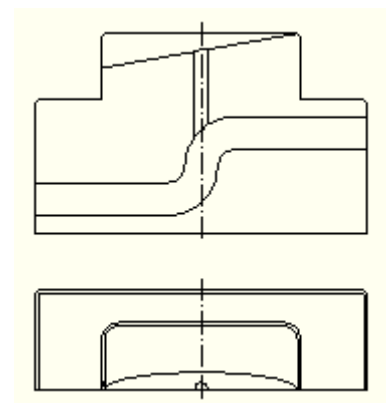
### Blatt-Format und Ansichten

- Ein A4-Blatt im Hochformat ist für die Ventil-Hälfte nicht ausreichend. Wir wählen das A2-Querformat.
- Neben der Ansicht **von vorn** (Schnittfläche der Ventil-Hälfte) sind noch zwei weitere Ansichten erforderlich (z.B. **von links** und **von oben**). Der Maßstab **2:1** sorgt für Übersichtlichkeit.




### Symmetrie-Linien des Rohteils

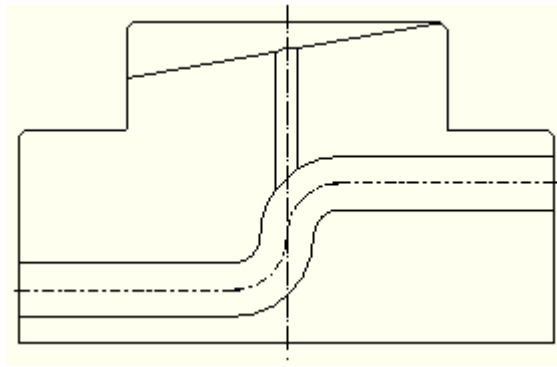
- Die Symmetrie des Grundkörpers wird durch "Einschließen" der Z- bzw. Y-Achse gekennzeichnet.
- Die Koordinaten-Achsen werden erst nach ihrem "Einschließen" in die Zeichnungsansichten eingelendet.
- Somit war es günstig, die Z-Richtung als nach oben zu betrachten. Dies vermeidet



Irrtümer bei der Wahl der richtigen Koordinaten-Achse (zumindest für die Höhe).


### Mittel-Linie des Sweeping-Pfades

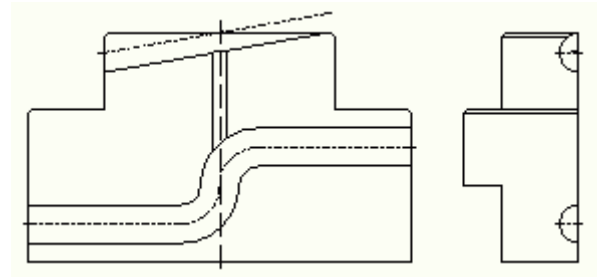
- Infolge der beiden Bögen innerhalb des Sweeping-Pfades ist es nicht möglich, auf Basis von zusätzlichen Arbeitsachsen eine durchgängige Mittel-Linie in der Zeichnung abzurufen.
- Wir werden deshalb doch die Funktion "Symmetrielinie"  des Zeichnungskommentars benutzen. Damit gelingt es abschnittsweise, die komplette gekrümmte Durchführung mit einer Mittel-Linie zu versehen:



- Von entscheidendem Vorteil ist dabei, dass bei Maßänderungen eine automatische Längen Anpassung der Liniensegmente erfolgt!
- Etwas unschön sind die Überlappungen der einzelnen Segmente, aber damit kann wahrscheinlich leben.

### Mittel-Linien der Bohrungen

- Die Mittel-Linie der senkrechten Bohrung wird bereits durch die senkrechte Symmetrieachse realisiert.
- Für die schräge Bohrung kann man die Mittel-Linie abrufen. Ab der *Inventor-Version 2012* gelingt dies anscheinend zuverlässig. Im speziellen Fall könnten wir bei einem Mißerfolg auf die Übernahme der Arbeitsachse ausweichen. Eine Symmetrie-Linie wie in der gekrümmten Durchführung, ist in Ermangelung der zweiten Kante nicht realisierbar.
- Das Mittelpunktmarkierung  ist für die Durchgangsöffnung in der Seitenansicht einfach als Zeichnungskommentar zu realisieren.
- Beim Ausgang der schrägen Bohrung handelt es sich um die Hälfte eine Ellipse. Auch diese ist durch eine Mittelpunktmarkierungen zu kennzeichnen. Der Halbmond in dieser Öffnung repräsentiert das obere Ende der senkrechten Bohrung. Dafür sollte man auf eine Mittelpunktmarkierung verzichten.



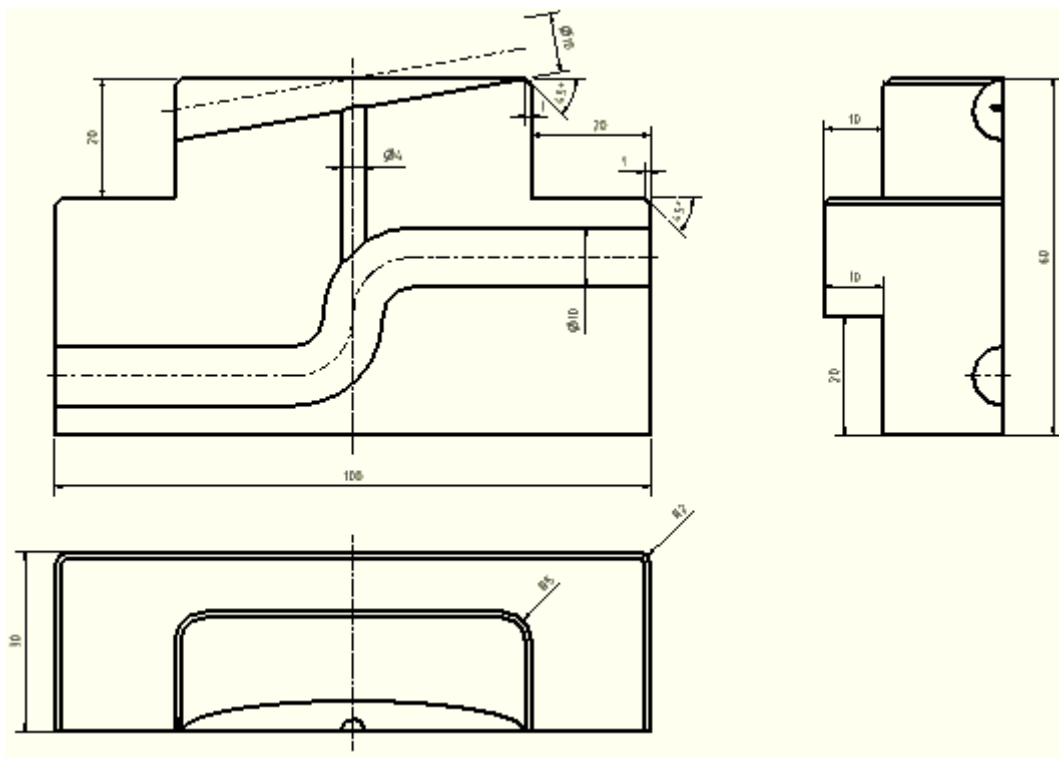
### Bemaßung

#### Modellbemaßung

Verwendet werden soll nach Möglichkeit nur die Modellbemaßung. Zwei Typen von Maßen kann man jedoch nicht als Modellbemaßung in Zeichnungsansichten übernehmen:

1. Winkel bzw. Abstände zwischen Arbeitselementen (hier: Neigung der Lagerschale).
  2. Maße, die sich aus geometrischen Abhängigkeiten ergeben (hier: Öffnungsmittelpunkte der gekrümmten Durchführungen).
- Abhängige Maße könnte man zwar in die Modellskizzen eintragen und auch als Modellbemaßung in die Zeichnung übernehmen. Aber sie werden in runden Klammern notiert, was nicht der Zeichnungsnorm entspricht.
  - Da man die Werte abhängiger Maße nicht ändern kann, macht ihre Verwendung als Modellbemaßung in der Zeichnung auch keinen Sinn!

Die folgenden Maße sollte man unbedingt als Modellbemaßung in die Zeichnung überführen. Dabei kann sich die Platzierung der einzelnen Maße unterscheiden, solange sie sinnvoll ist:



- Bei Bedarf muss man einzelne Maße zwischen den Zeichnungsansichten verschieben.
- Im Beispiel wurde nachträglich noch eine Skizzenbemaßung im Modell geändert, um die 20 mm Breite der Aussparung am Rohteil wegen der Übersichtlichkeit von der rechten auf die linke Seite der Zeichnungsansicht zu platzieren (Siehe folgendes Bild).
- Die Maßhilfslinien sollten an sinnvollen Körperkanten enden.
- **Achtung:** Teilnehmer der Lehrveranstaltung erhalten 1/2 Punkt Abzug pro fehlendem Modellmaß!

Im Beispiel wurden die Fasen mit Modellbemaßung versehen:

- Das hat den Vorteil, dass man aus der Zeichnung heraus die Fasen ändern kann.
- Bei vielen und kleineren Fasen wird dies jedoch unübersichtlich.
- Im Normalfall werden Fassenbreite und -winkel zu einem Maß zusammengefasst.
- Sind alle Fasen gleich, so kennzeichnet man das global für das Zeichnungsblatt mit einem Textkommentar. Die einzelne Fase bleibt dann unbemaßt.

## Zeichnungsbemaßung

Die nicht mittels Modellbemaßung realisierbare Bemaßung muss abschließend als Zeichnungsbemaßung erzeugt werden:

- Neigungswinkel der Lagerschale zwischen Mittellinie und Ventilkante.
- Mittelpunkte der Öffnungen des gekrümmten Durchbruchs.

