

# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck

Aus OptiYummy

↑

← →

- Studentische Übung in der Lehrveranstaltung "Geräteentwicklung" (TU Dresden) -  
Technisches Darstellen - Computer Aided Design (CAD)

"Distanzstück"

Autor: Dr.-Ing. Alfred Kamusella



Teilnehmern der Lehrveranstaltung **Geräteentwicklung** der TU Dresden wird in einer Hörsaal-Übung demonstriert, wie man mit CAD-Systemen Modelle bildet und daraus technische Zeichnungen ableitet. Als Beispiel dient der *Abstandsbolzen*, welcher bereits in der **Übung zum technischen Darstellen** verwendet wurde:

## 1. Einzelteil (CAD-Modell)

- Konstruktionsumgebung (Team, Projekt, Konstruktionsdatei)
- Ursprung-Koordinatensystem
- Basiselement (Rohteil)
- Skizzierte Elemente
- Platzierte Elemente

## 2. Einzelteil-Zeichnung

- Zeichnungsansichten
- Mittellinien
- Bemaßung
- Schriftfeld

## 3. Baugruppe (CAD-Modell)

- Fixiertes Basis-Bauteil
- Verwendung von Normteilen
- Zusammenbau von Bauteilen

## 4. Baugruppen-Darstellungen

- Baugruppen-Animation (Explosionsdarstellung)
- Zusammenbau-Zeichnung mit Stückliste

← →

---

# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Konstruktionsumgebung

Aus OptiYummy

↑

← →

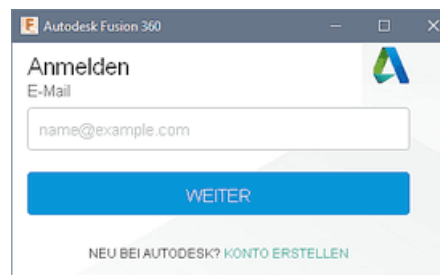
Konstruktionsumgebung (Team, Projekt, Konstruktionsdatei)

## Inhaltsverzeichnis

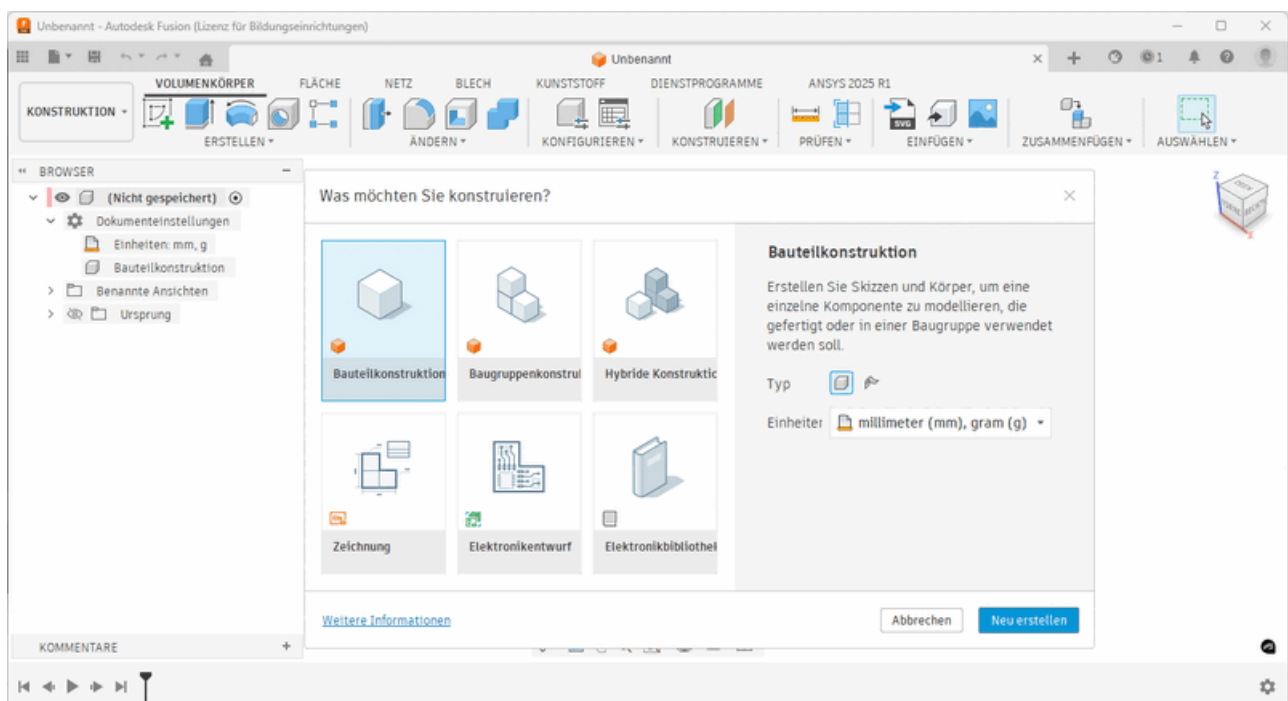
- 1 Erster Programm-Start
- 2 Team-Organisation
- 3 Projekt-Definition
- 4 Konstruktionsdateien

## Erster Programm-Start

Unabhängig von der genutzten *Fusion*-Version gelangt man zumindest beim ersten Programm-Start nicht direkt in das CAD-System, sondern muss sich mittels seines *Autodesk* **Education-Account** anmelden:

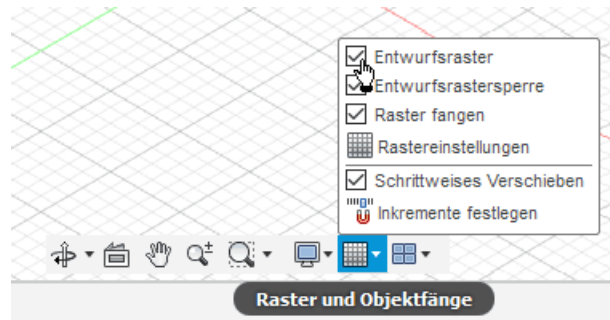


Danach erscheint die Benutzeroberfläche des CAD-Programms:



Als Dateivorlage wählen wir die **Bauteilkonstruktion** aus und öffnen diese durch Klick auf "**Erstellen**".

**Hinweis:** Falls im Ansichtsbereich ein "Entwurfsraster" angezeigt wird, kann man es über die Anzeigeeinstellungen ausblenden. Beim Erstellen von Bildern für diese Übungsanleitung wurde damit die Übersichtlichkeit erhöht:

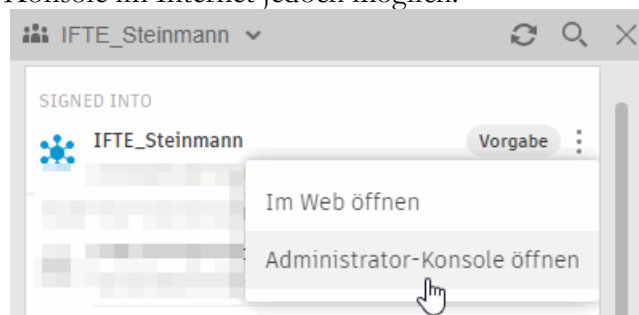


## Team-Organisation

Bevor man mit *Fusion 360* an einer Konstruktion arbeiten kann, muss man sich einem **Team** zuordnen:

 "**Gruppe Daten einblenden**" ermöglicht den Zugriff auf die Team- und Projektverwaltung. Für die Team-Zuordnung werden zwei Möglichkeiten angeboten:

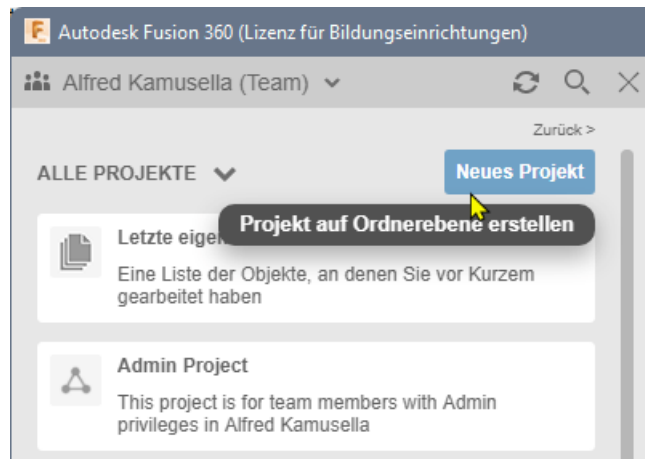
1. **Beitritt zu einem vorhandenem Team** (falls eine entsprechende Einladung dazu vorliegt).
2. **Erstellen eines neuen Teams:**
  - im Rahmen dieser CAD-Übung sollte jeder Teilnehmer ein eigenes Team nach folgendem Bezeichnerschema erstellen:
  - "**Vorname Nachname CADxx**" mit **xx** = 00...99 (Teilnehmer-Nummer in der CAD-Übung), z.B. *Alfred Kamusella CAD00*
  - *Anmerkungen:*
    - Jeder Team-Bezeichner muss weltweit einzigartig sein, deshalb hier auch der Zusatz zum persönlichen Namen!
    - Wer bereits ein eigenes Team unter einem anderen Bezeichner erstellt hat, kann diesen im Rahmen der Lehrveranstaltungen natürlich weiterhin benutzen! Eine Umbenennung des eigenen Teams ist über die Administrator-Konsole im Internet jedoch möglich:



## Projekt-Definition

Innerhalb von *Autodesk Fusion 360* findet jegliche Arbeit im Rahmen von Projekten statt:

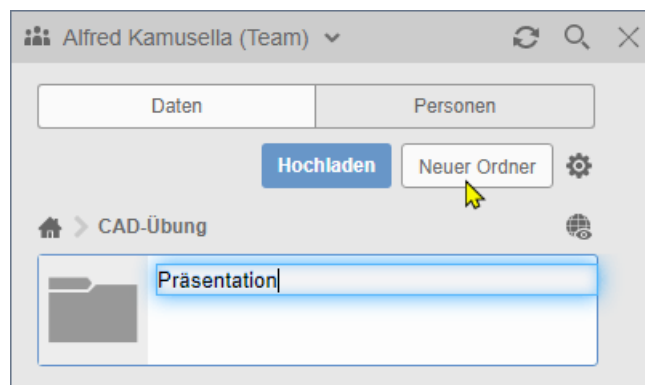
- Ein Projekt definiert einen gemeinsamen Arbeitsbereich für diejenigen Personen eines Teams, die zusammen an diesem Projekt arbeiten.
- Projekte werden immer innerhalb des aktuellen Teams definiert.
- Wir definieren für diese CAD-Übung ein neues Projekt



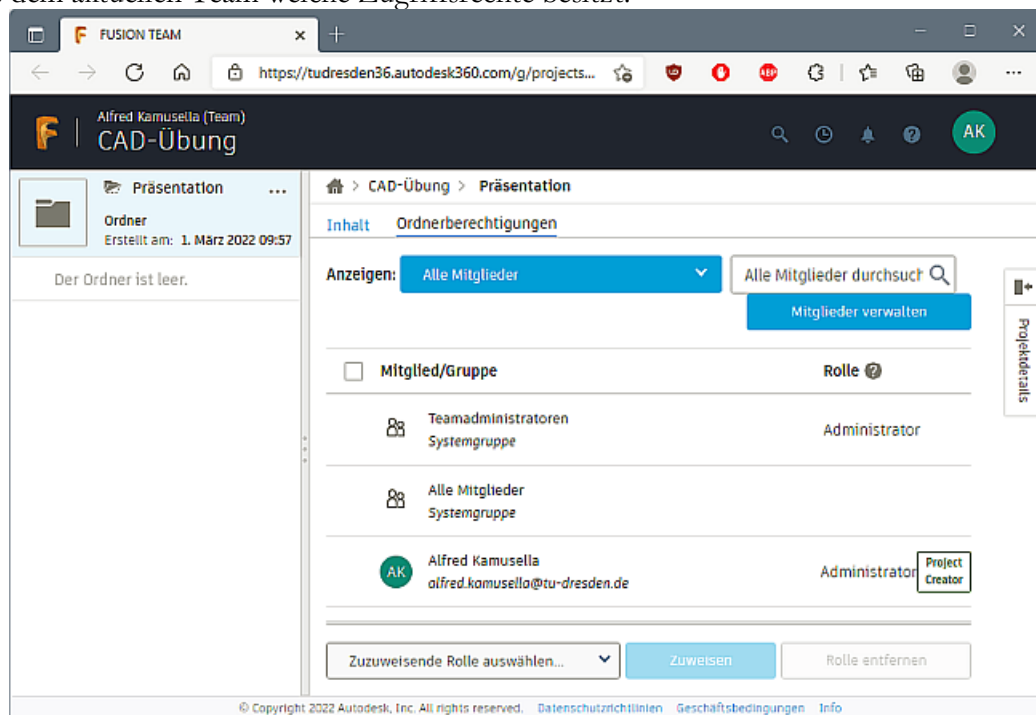
- Dieses Projekt nennen wir sinnvollerweise **"CAD-Übung"**.
- Die Wahl von "CAD-Übung" als aktuelles Projekt für die Bearbeitung erfolgt durch Doppelklick auf den Projekt-Bezeichner.

Die Konstruktionsdaten eines Projektes werden in Form von Dateien innerhalb von Ordnerstrukturen verwaltet:

- Im **Daten**-Bereich legen wir für unsere Hörsaal-Übung beispielhaft einen **neuen Ordner** an, welchen wir "Präsentation" nennen:



- Wir wählen diesen Ordner durch Doppelklick als aktuellen Ordner für die zu erstellenden Konstruktionsdaten.
- Unter **Personen** → **Mitglieder anzeigen** kann man bezogen auf die einzelnen Ordner festlegen, welche Personen aus dem aktuellen Team welche Zugriffsrechte besitzt:



- Dies wird über sogenannte **"Rollen"** definiert, welche man Mitgliedern des Teams zuweisen kann:

Betrachter   Leser   Bearbeiter   Manager   Administrator

	Betrachter	Leser	Bearbeiter	Manager	Administrator
Kommentare online anzeigen, veröffentlichen und lesen	✓	✓	✓	✓	✓
Betrachter + Öffnen mit Desktop, herunterladen, kopieren und einfügen		✓	✓	✓	✓
Leser + bearbeiten, hochladen, umbenennen, verschieben und löschen			✓	✓	✓
Bearbeiter + Mitglieder verwalten und Zugriffsebenen festlegen				✓	✓
Manager + dauerhaft löschen					✓

- Wir besitzen als Team-Gründer und Projekt-Erzeuger natürlich uneingeschränkte **Administrator-Rechte**.

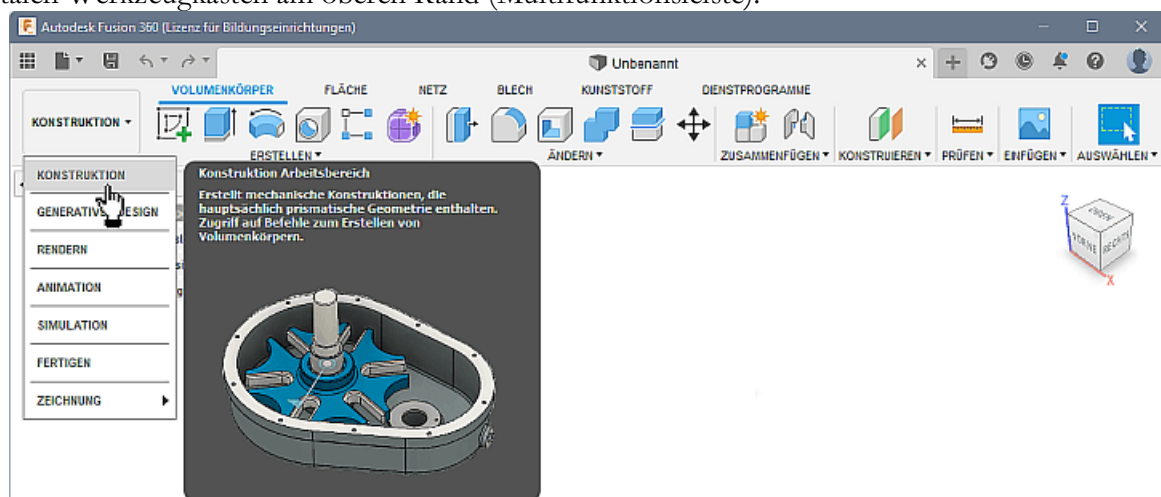
## Konstruktionsdateien

**Daten** eines Projektes werden Ordner-orientiert in der Cloud gespeichert und verwaltet:

- Man kann beliebige Dateien vom lokalen Computer in diesen Cloud-Datenbereich hochladen. *Fusion 360* ist in der Lage, unterschiedlichste Datenformate zu verarbeiten.
- Uns interessieren hier im Beispiel nur die sogenannten **Konstruktionsdateien** für den Mechanik-Entwurf. Standardmäßig ist mit der Bezeichnung "**Unbenannt**" eine leere, noch ungespeicherte Konstruktionsdatei innerhalb des aktuellen Projektes geöffnet.

Innerhalb des Mechanik-Entwurfs werden in Abhängigkeit vom Bearbeitungszustand unterschiedliche Zielstellungen verfolgt (z.B. Geometrie-Modellierung, Animieren, Simulieren, Fertigen):


- Arbeitsbereiche** organisieren die verfügbare Funktionalität in Abhängigkeit von den aktuellen Konstruktionszielen. Jeder Arbeitsbereich (im vertikalen Aufklapp-Menü) umfasst einen speziellen horizontalen Werkzeugkasten am oberen Rand (Multifunktionsleiste):

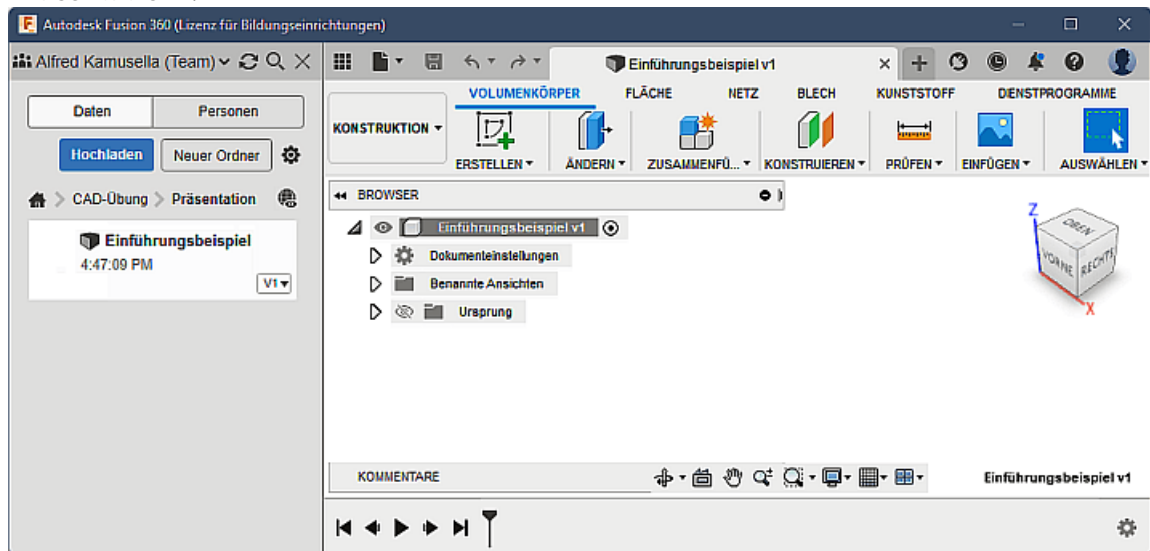


- So dient z.B. der Arbeitsbereich "**Konstruktion**" dem Erstellen des 3D-Geometriemodells, welches auch die erforderlichen Fertigungsinformationen erhält.
- Das Geometriemodell ist Voraussetzung für die Nutzung der anderen Arbeitsbereiche, letztendlich auch für die Erstellung der technischen Zeichnung.

Eine Konstruktionsdatei enthält meist nicht alle Komponenten des zu konstruierenden Produktes, sondern aus Gründen der Übersichtlichkeit nur einzelne zusammengehörende Bauteile oder Baugruppen:

- Die Bezeichnung der Konstruktionsdatei sollte sich an der inhaltlichen Zielstellung orientieren.
- In unserem Beispiel wäre im Rahmen des Projektes "**CAD-Übung**" der Bezeichner "**Einführungsbeispiel**" sinnvoll.

- Wir speichern  die noch unbenannte Konstruktion unter diesem Namen "**Einführungsbeispiel**" in den Ordner "**Präsentation**":



- Jedes Speichern erzeugt, beginnend mit der Version **v1**, eine neue Version **vn** der Konstruktion! Die aktuelle Version **vi** ist dem Datei-Namen nachgestellt.

← →

# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Ursprung-Koordinatensystem

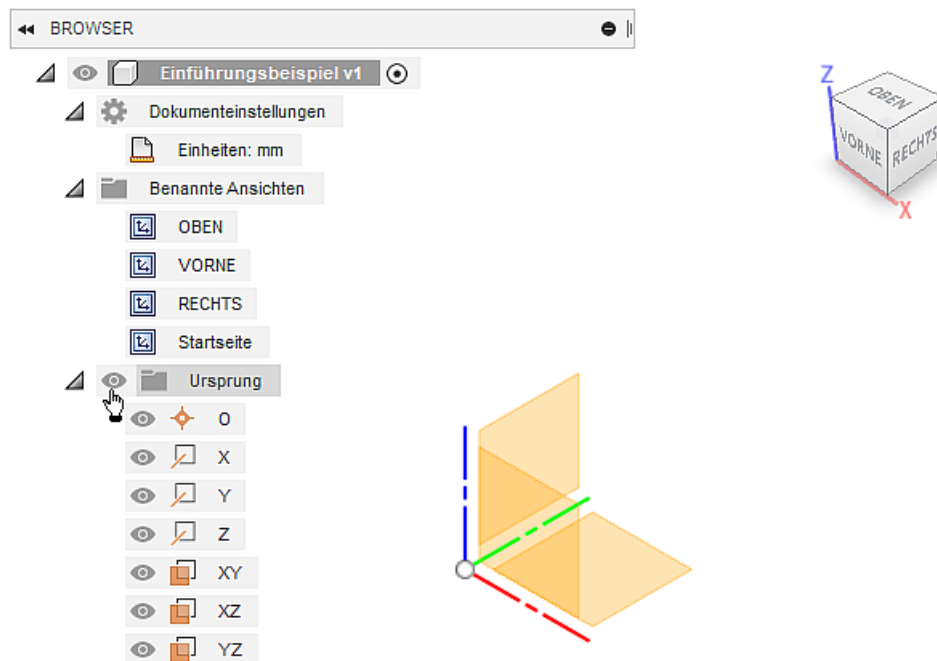
Aus OptiYummy

↑

← →

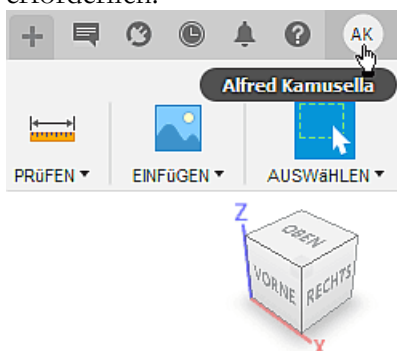
## Ursprung-Koordinatensystem

Jede neue Konstruktion enthält standardmäßig bereits eine "leere" **Komponente** als obersten Eintrag in der Browser-Darstellung. Diese Komponente besitzt den gleichen Namen, wie die Konstruktionsdatei (einschließlich Versionsnummer) und repräsentiert die aktuell zu bearbeitende Konstruktion:



Das **Ursprung-Koordinatensystem** dieser Komponente definiert die Orientierung der Konstruktionsgeometrie im Raum:

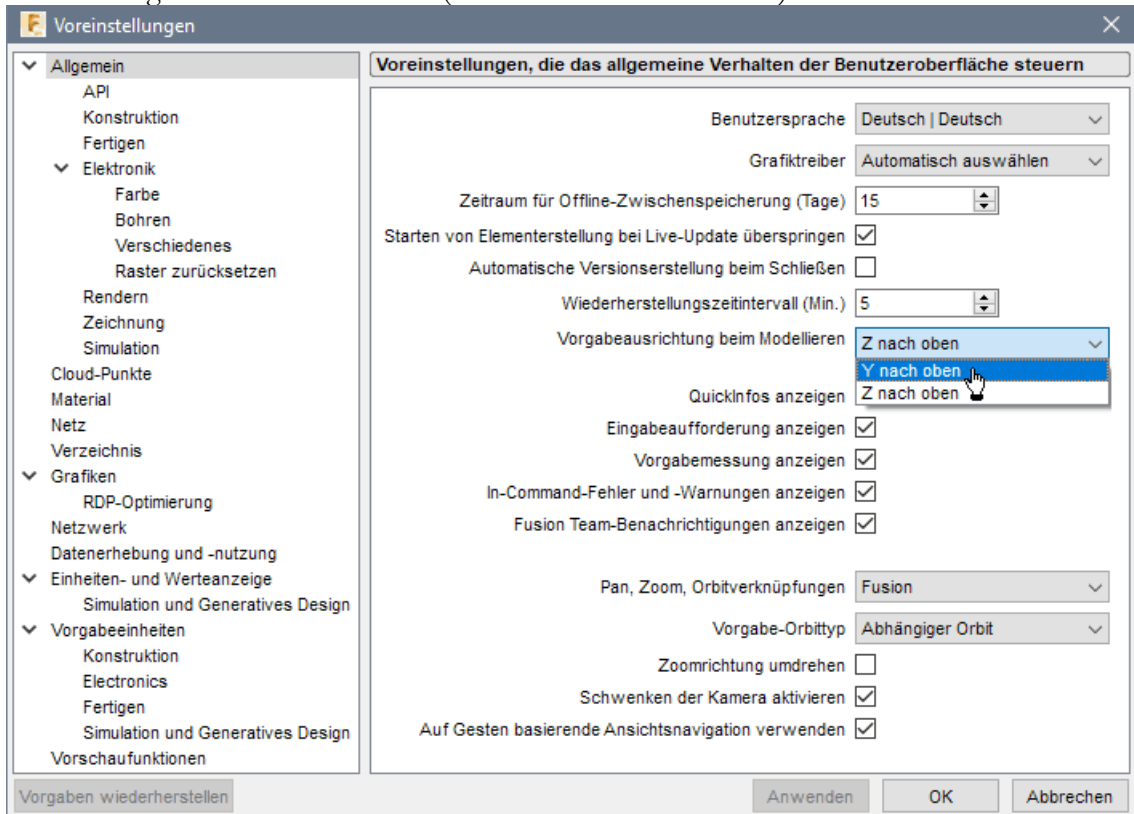
- Die Achsen und Flächen des Ursprung-Koordinatensystems kann man über die Schaltflächen im Browser sichtbar machen.
- Das Beispiel zeigt die Standard-Orientierung und -Ansishtszuordnung des Ursprung-Koordinatensystems für eine neue Konstruktion:
  - **Z-Achse** zeigt nach **OBEN**
  - **XZ-Ebene** definiert die **Ansicht von VORNE** (in der technischen Zeichnung meist als **Erst-Ansicht** genutzt)
  - **Y-Achse** zeigt in der Ansicht von VORNE vom Betrachter weg
- Im Normalfall genügt die Standard-Konfiguration. Nur bei speziellen Anforderungen ist eine Anpassung erforderlich:



- In den allgemeinen **Nutzerspezifische Voreinstellungen** kann man bei der "**Vorgabeausrichtung**

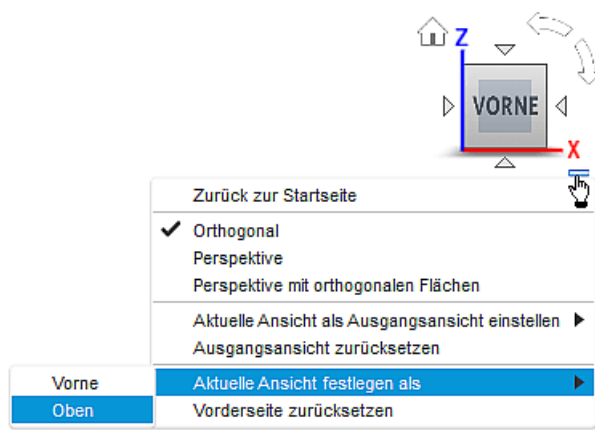
beim Modellieren" wählen zwischen "Z nach oben" bzw. "Y nach oben".

- Für aktuell neue Fusion-Nutzer ist die **Z-Achse** des Modell-Koordinatensystems in der Standardeinstellung nach **Oben** orientiert (was wir auch nicht ändern!):



### Hinweise:

- Die Änderung der "**Vorgabeausrichtung beim Modellieren**" wird erst in der nächsten neuen Konstruktion wirksam! Deshalb müsste man die aktuelle leere Konstruktionsdatei schließen, worauf sich automatische eine neue Konstruktionsdatei mit den neuen Einstellungen öffnet.
- Eine nachträgliche Änderung der Ursprungsorientierung ist in einer existierenden Konstruktion mittels der Funktionen des Viewcube-Steuerelementes möglich, erfordert jedoch ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen:



← →

# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Basiselement

Aus OptiYummy

↑

← →

## Basiselement (Rohteil)

### CAD-Modelle von Bauteilen:

sollte man fertigungsorientiert entwickeln (zuerst Fertigungsverfahren klären - im Folgenden "abtragend" aus einem Rohteil).

Das CAD-Modell eines Bauteils entsteht sequentiell durch die schrittweise Definition von Elementen.

### Elemente:

sind abgegrenzte Einheiten parametrischer Geometrie, aus denen die komplexere Geometrie von Bauteilen zusammengesetzt wird.

### Basiselement:

ist das erste Element, das in einem Bauteil erstellt wird. Das Basiselement sollte die Ausgangsform (=Rohteil) des Bauteils darstellen.

### Ursprung-Koordinatensystem:

das Basiselement sollte am Ursprungs-Koordinatensystem des Bauteils sinnvoll verankert werden.

Meist ist es sinnvoll, dass die Ursprungsachsen und -ebenen dabei die Symmetrie des Bauteils widerspiegeln (soweit dies möglich ist).

### 2D-Skizze:

2D-Form, aus der durch eine 3D-Operation ein Element-Volumen entsteht.

### 3D-Operation:

entspricht einem Fertigungsschritt (additiv/subtraktiv), z.B. Extrusion, Drehung, Sweeping.

### Skizziertes Element:

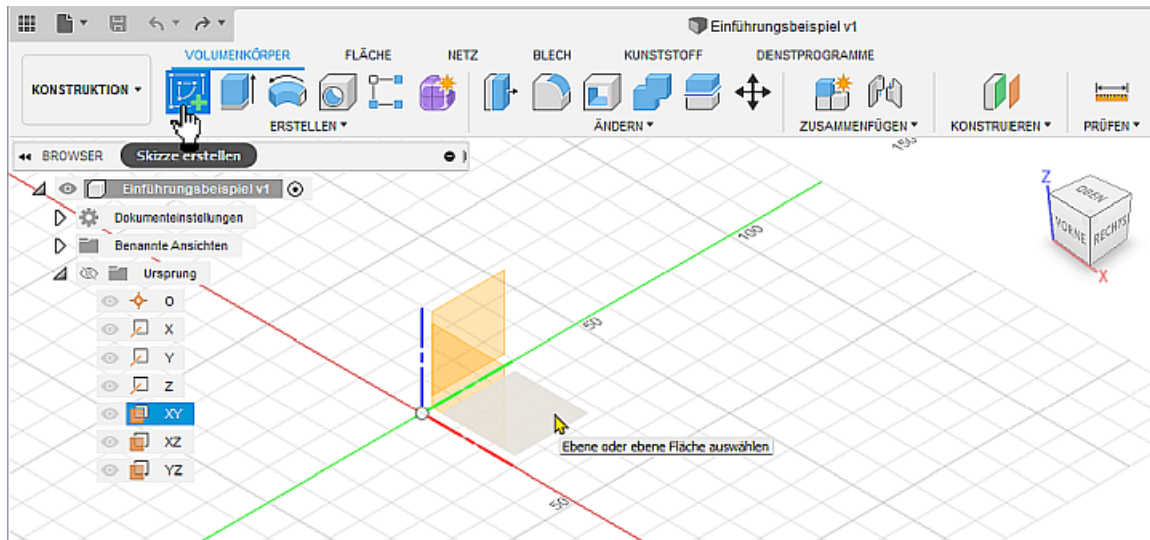
entsteht als Volumen-Element aus einer 2D-Skizze durch Anwendung von 3D-Operationen.

## Inhaltsverzeichnis

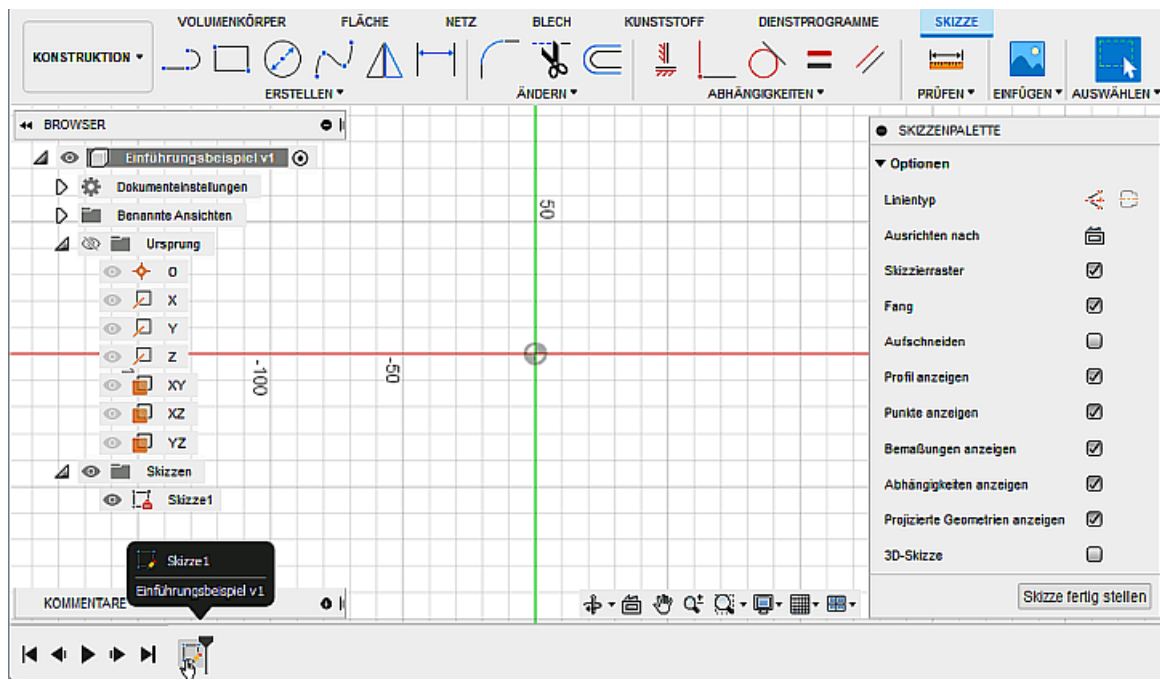
- 1 Basis-Skizze mit Projektion des Ursprung-Koordinatensystem
- 2 Verankerung am Koordinaten-Ursprung
- 3 Skizzen-Abhaengigkeiten und Skizzen-Bemaszung
- 4 Erzeugen des Rohteils aus der Basis-Skizze
- 5 Eigenschaften des Bauteils

### Basis-Skizze mit Projektion des Ursprung-Koordinatensystem

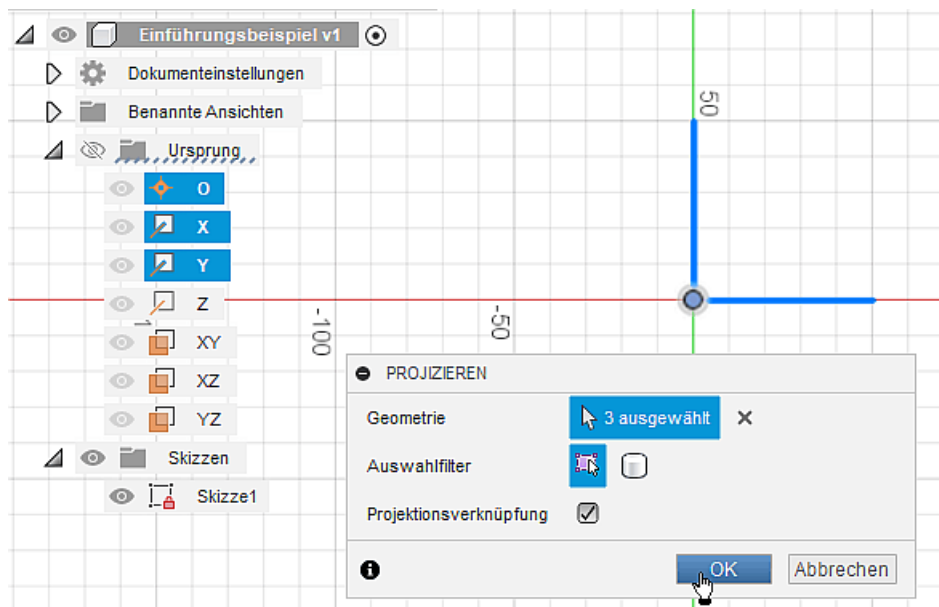
Wir entwickeln das Rohteil als skizziertes Element. Dafür müssen wir zuerst eine 2D-Skizze erstellen. Meist ist es sinnvoll, diese Basis-Skizze auf die XY-Ebene des Ursprung-Systems zu legen (entspricht hier der Ansicht von "Oben"):



Danach befindet man sich im Skizzen-Modus. Die zugehörige Skizzen-Palette kann in Größe und Position frei auf dem Desktop geändert werden:



- Die **Skizze1** erscheint im Browser in einem Skizzen-Ordner und außerdem als erste Operation unten in der Zeitleiste.
- Damit man ein Bauteil am Ursprung-Koordinatensystem "fixieren" kann (gegen Verschieben und Verdrehen), sollte man grundsätzlich den Mittelpunkt und die Koordinatenachsen der Skizzenebene in die Basissskizze zu projizieren (hier die X- und Y-Achse)! Nach **Skizze > Erstellen > Projizieren/Einschließen > Projizieren** muss man diese Ursprungselemente im Modell-Browser anklicken. Es erscheinen dann ein Punkt und die zwei Strecken als Elemente in der Skizze:



- **Hinweis:** Die meisten CAD-Programme (auch Fusion) unterstützen eine Form des automatisierten Objektfangs. Beim Skizzieren versucht das Programm dabei zu erkennen, welche Ursprungs- oder Geometrielemente als Referenz benötigt werden, projiziert diese und erstellt automatisch eine Verknüpfung. Das hier gezeigte Vorgehen mit manueller Projektion ist für Einsteiger aber weniger fehleranfällig und funktioniert in fast jedem anderen Programm ähnlich.

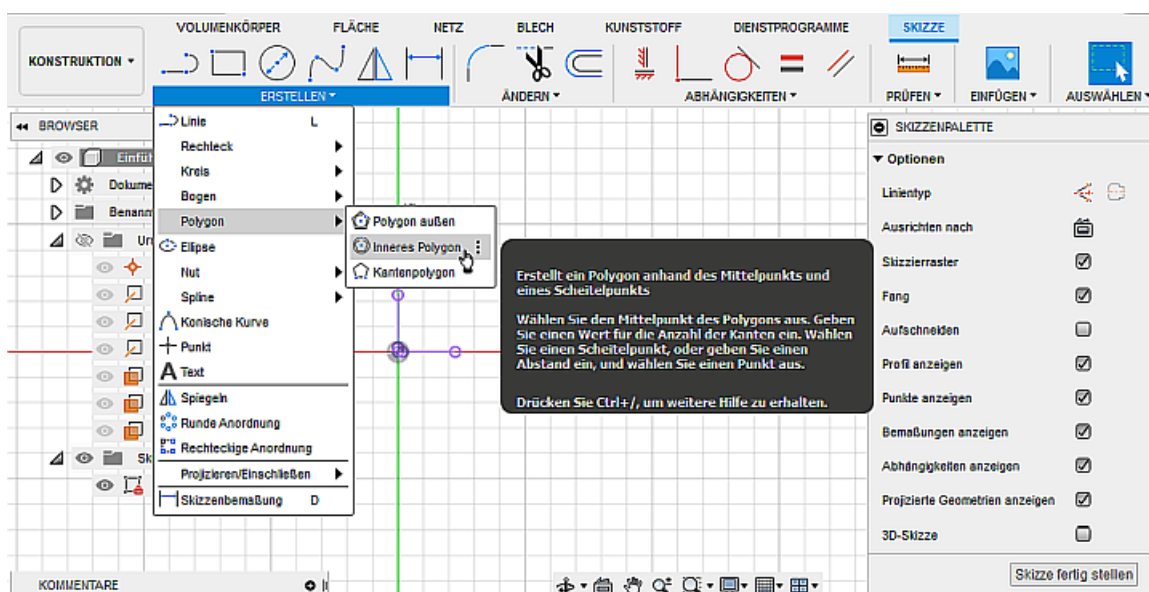
## Verankerung am Koordinaten-Ursprung

Wir verwenden ein **Halbzeug** als Rohteil für das Distanzstück:

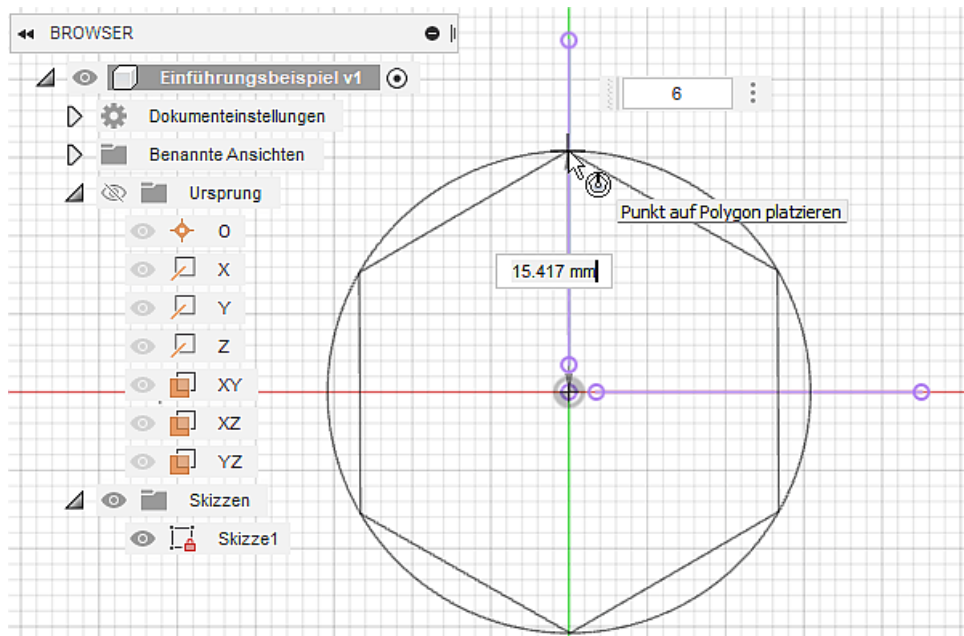
- Zum Einsatz kommen gezogene Sechskant-Aluminiumstangen EN-AW-5754 (AlMg3) nach **LN 1797** mit einer **Schlüsselbreite=7 mm**.
- Davon benötigen wir als Zuschnitt eine **Länge=30 mm**.
- Diesen Zylinder mit sechseckigem Profil entwickeln wir als skizziertes Element.

Das zu skizzierende gleichseitige Sechseck muss am Mittelpunkt des Ursprung-Koordinatensystems verdrehsicher verankert werden:

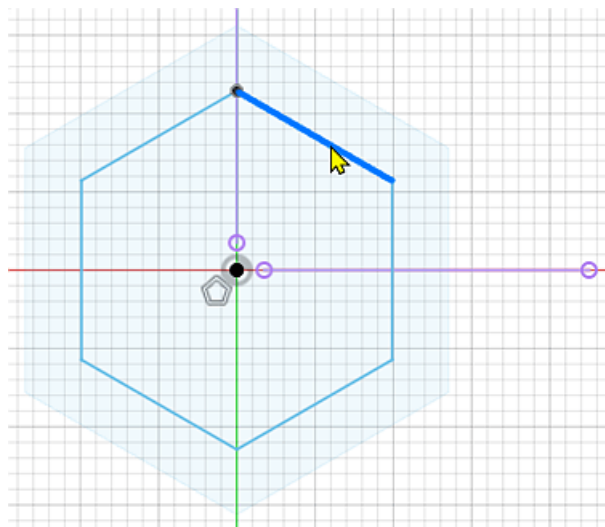
- Am Mittelpunkt des Ursprung-Koordinatensystems platzieren wir den Mittelpunkt eines 6-eckigen Polygons (**Skizze > Erstellen > Polygon > Inneres Polygon**):



- Bevor man den Mittelpunkt des Polygons auf dem projizierten Ursprung-Mittelpunkt platzieren kann, muss man soweit in die Skizzen-Ansicht hinein zoomen, bis man die Punkte der projizierten Elemente voneinander unterscheiden kann:



- Der Eckpunkt des Polygons (platziert auf der projizierten Y-Achse, aber nicht auf einem ihrer "Endpunkte") bestimmt nur die Orientierung und die "dargestellte" Größe des gezeichneten Sechsecks, ohne die Größe durch eine Skizzen-Bemaßung wirklich festzulegen.
- Wir beenden den Polygon-Befehl mittels **Kontextmenü (rechte Maustaste) > OK** oder einfacher durch die **<ESC>-Taste**.
- Diese noch "unbestimmte" Größe des Polygons sollte man überprüfen, indem man mit gedrückter Maustaste an einer der 6 Seiten zieht:

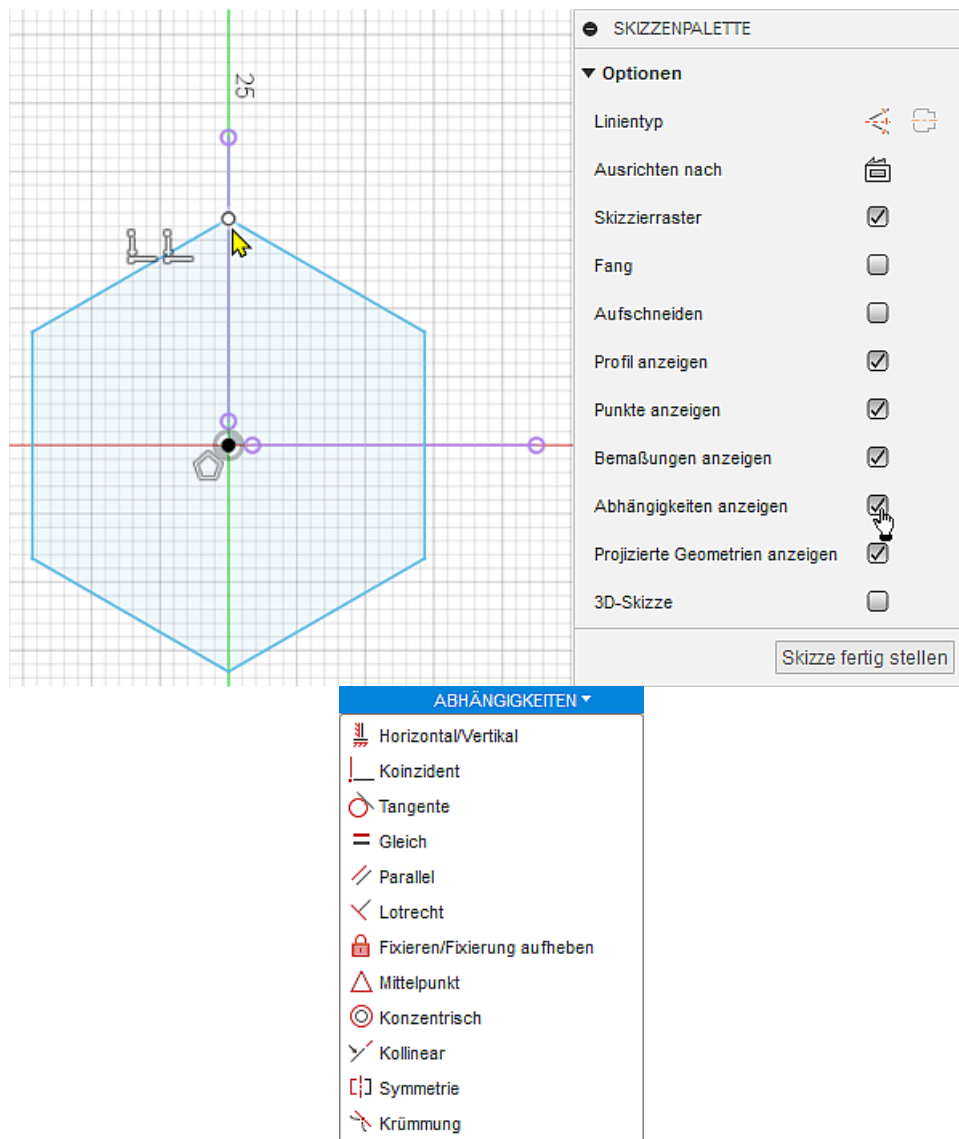


- Es ist jedoch nicht möglich, durch Ziehen mit dem Cursor das Polygon um den Mittelpunkt zu drehen oder in Bezug auf den Mittelpunkt zu verschieben (wenn die projizierten Punkte beim Zeichnen korrekt gefangen wurden!).

### Skizzen-Abhängigkeiten und Skizzen-Bemassung

Die Form der Skizze wird stabilisiert durch Skizzen-Abhängigkeiten:

- Einen Teil dieser Abhängigkeiten kann man über die Skizzenpalette direkt als Symbole einblenden bzw. wieder ausblenden:



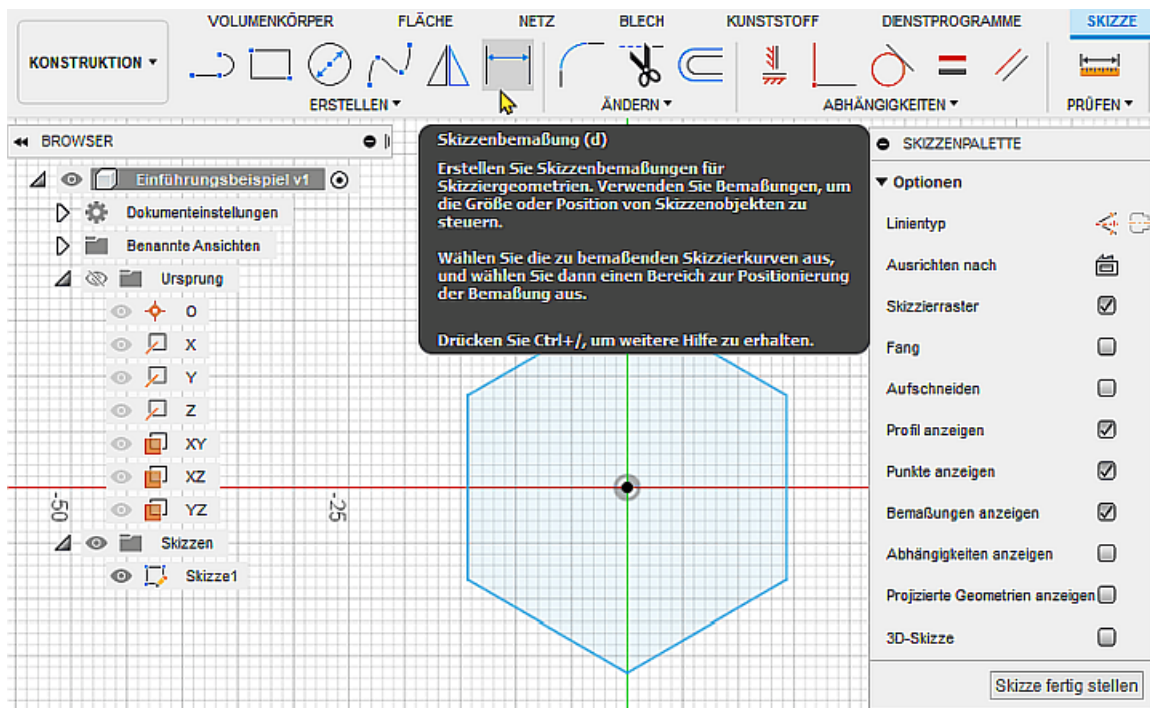
Dies betrifft im Beispiel nur das Polygon-Symbol am Mittelpunkt, welches die Abhängigkeiten der Polygonseiten zueinander repräsentiert (gleich lang, gleiche Winkel zwischen den Seiten).

- Weitere Abhängigkeiten werden erst angezeigt, wenn man mit dem Cursor auf die entsprechenden Skizzen-Elemente zeigt:
  - An jedem Polygon-Eckpunkt zeigt ein Koinzidenz-Symbol, dass die angrenzenden Seiten mit ihren Endpunkten immer deckungsgleich sind.
  - Am oberen Polygon-Eckpunkt erscheinen zwei Koinzidenz-Symbole. Das zweite Symbol zeigt die gewünschte Deckungsgleichheit zwischen diesem Eckpunkt und der projizierten Y-Achse.
- **Hinweis:** *Skizze > Abhängigkeiten* öffnet ein Menü mit einer Liste der verfügbaren Abhängigkeiten für 2D-Skizzen.

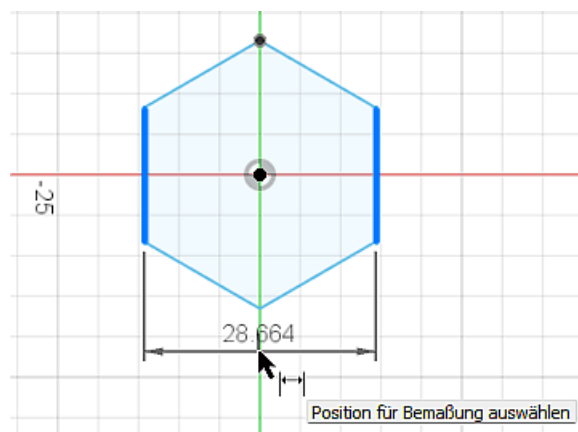
Formstabilisierte 2D-Elemente (hier das gleichseitige Sechseck) in Skizzen sind unbestimmt groß, solange ihre Größe nicht durch Bemaßung festgelegt wurde. Diese noch mögliche Größenänderung haben wir bereits praktisch durch Ziehen mit dem Cursor getestet.

Wir legen die Größe des Sechsecks durch die Schlüsselweite von **7 mm** mittels der Bemaßung zwischen zwei parallelen Polygonseiten fest:

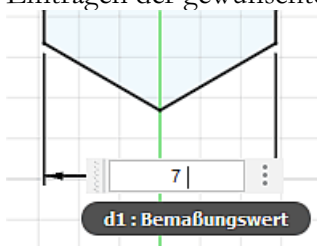
- **Hinweis:** Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit blenden wir über die Skizzenpalette Abhängigkeiten und die projizierte Geometrie aus.
- *Skizze > Erstellen > Skizzenbemaßung* oder direkt aus **MFL**:



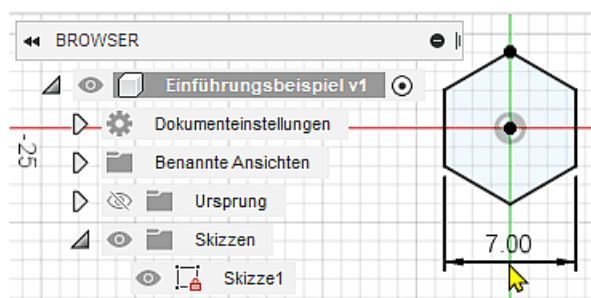
- Nacheinander Anklicken der beiden gegenüberliegenden Seiten für die Schlüsselbreite und ziehen der Bemaßung auf die gewünschte Position:



- Eintragen der gewünschten Breite von 7 mm in das Dialogfeld.



- Beenden der Bemaßungsfunktion (**ESC**) und Korrektur der Bemaßungsposition (durch Ziehen mit dem Cursor).
- Danach ist die Skizze vollständig bestimmt ("Schloss" am Skizzensymbol!):

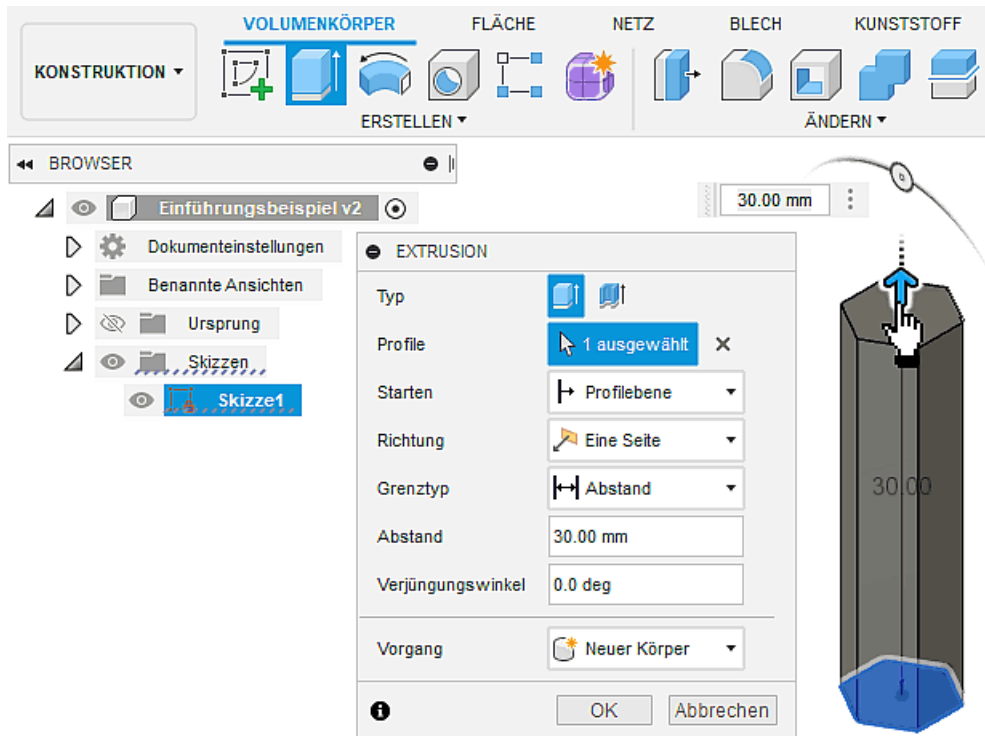


Wir können die Skizzier-Umgebung nun verlassen (*Skizzenpalette > Skizze fertig stellen*), um im Folgenden aus dieser Basis-Skizze das Volumen des Basis-Elements zu erzeugen.

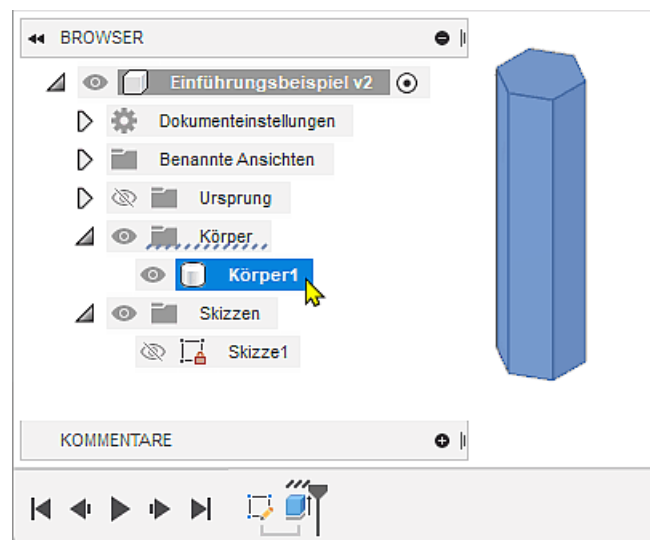
## Erzeugen des Rohteils aus der Basis-Skizze

Nach dem "Fertigstellen der Skizze" befindet man sich wieder in der 3D-Arbeitsumgebung für Volumenkörper. Das skizzierte Polygon bleibt sichtbar:

- **Volumenkörper > Erstellen > Extrusion** ermöglicht sehr intuitiv die Erzeugung des Grundkörpers aus dem skizzierten Sechseck-Profil:



- Der erstellte **Körper1** erscheint im Browser in einem Körper-Ordner und die **Extrusion** als auf der **Skizze1** basierende Operation in der Zeitleiste:



**Achtung:** Nach markanten Bearbeitungsabschnitten sollte man das Speichern mit einer Versionsbeschreibung nicht vergessen! (z.B. "**Basis-Körper erzeugt**").

## Eigenschaften des Bauteils

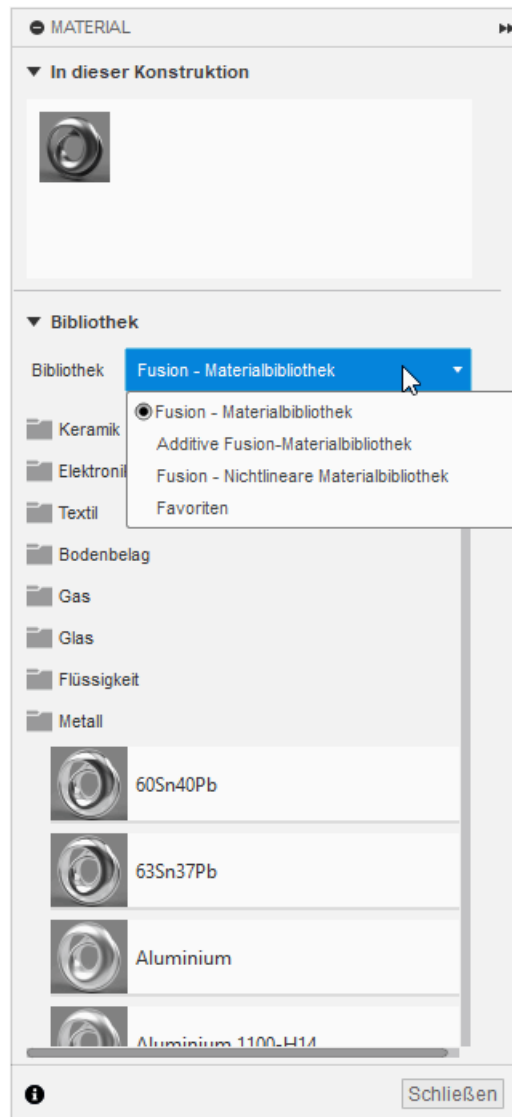
Das CAD-Modell eines Bauteils bildet nicht nur Geometrie ab, sondern kann zusätzlich noch "beliebige" andere Eigenschaften des realen Bauteils beschreiben, z.B.:

### 1. Physikalische Eigenschaften

- Verwendetes Material
- Resultierende Masse, Oberfläche, Volumen, Trägheitsmomente
- ...

### 2. Verwaltungsinformationen

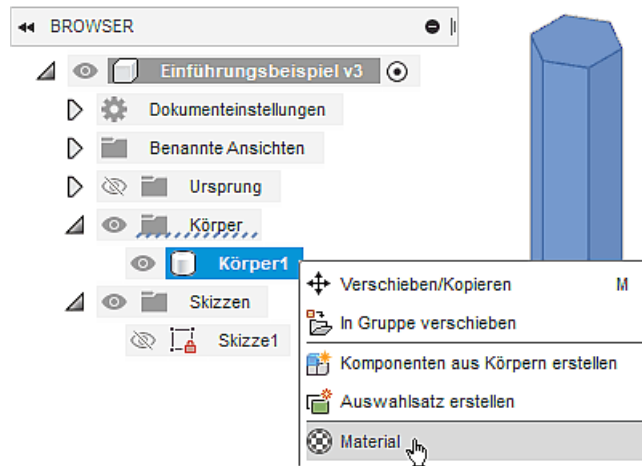
- Bezeichnung des Bauteils
- Kommentierende Beschreibung
- Urheberschaft
- Zuordnung zu einem Projekt
- Bearbeitungsstatus
- ...



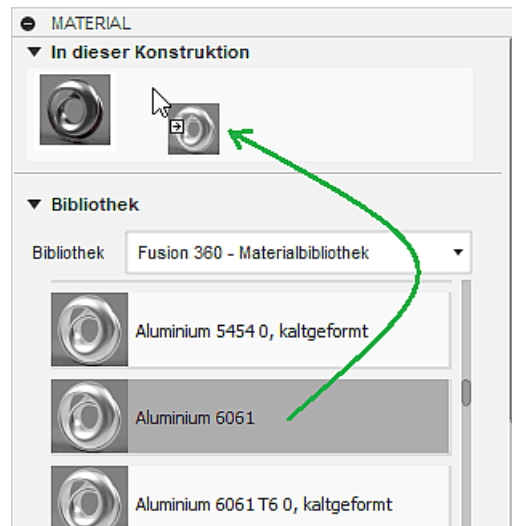
Die grundlegenden Eigenschaften des zu modellierenden Bauteils sollte man bereits bei der Definition des Basiselements beschreiben. Zu diesem Zeitpunkt sind die wesentlichen Eigenschaften des Bauteils bekannt, man hat sich z.B. schon bewusst für ein Material und eine geeignete Profilform für das Rohteil entschieden.

Wir beginnen mit der Zuweisung von **Aluminium - 6061** als Material:

- **Körper1 > Kontextmenü (rechte Maustaste) > Material** ermöglicht den Zugriff auf die Materialien der aktuellen Konstruktion und der Materialbibliothek:

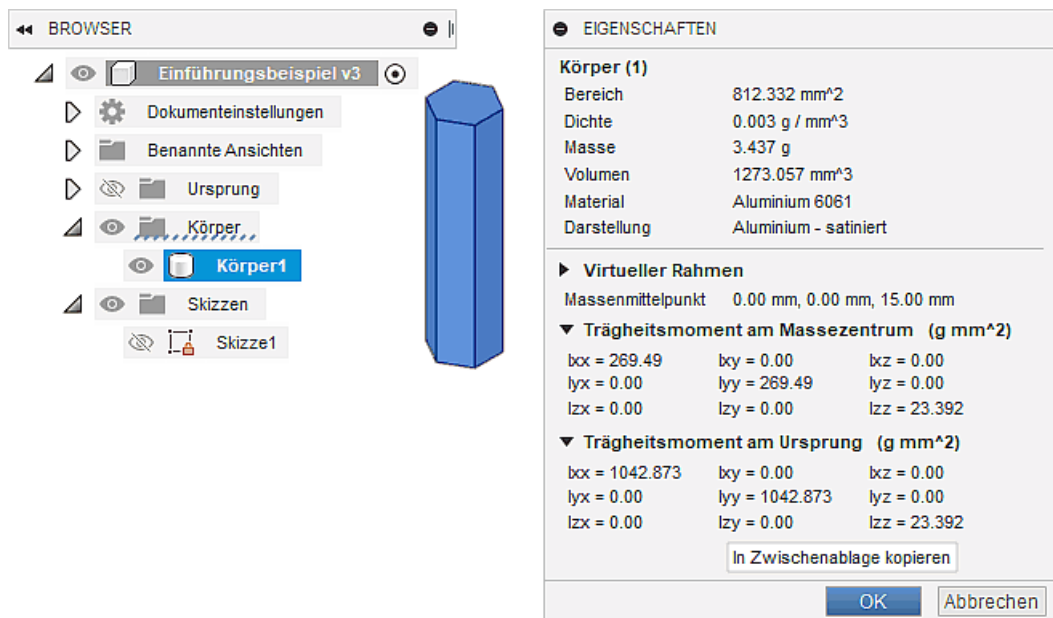


- Standardmäßig enthält eine neue Konstruktion nur "**Stahl**" als Material, welches neuen Körpern dann automatisch zugewiesen wird.
- Das CAD-Programm stellt mehrere Material-Bibliotheken zur Verfügung, welche Werkstoff-Daten für unterschiedliche Anwendungsfälle enthalten.
- Für eine normale Konstruktion genügt die standardmäßig eingestellte "**Fusion - Materialbibliothek**".
- Diese enthält unterschiedlichste Werkstoff-Klassen.
- Wir müssen in den Metallen das gewünschte **Aluminium 6061** finden und durch **Drag & Drop** mit dem Cursor in die aktuelle Konstruktion ziehen:



- Die Zuweisung des **Aluminium 6061** zum **Körper1** (Rohteil) erfolgt durch **Drag & Drop**.
- **Hinweis:** Erst nach dieser Zuweisung kann man Stahl aus der Konstruktion entfernen. Dazu zieht man im Materialfenster Aluminium über das Stahlsymbol und ersetzt damit alle vorhandenen Instanzen.

Anhand des aktuell zugewiesenen Materials erfolgt automatisch eine Berechnung der davon abhängigen physikalischen Eigenschaften, welche man über **Körper1 > Kontextmenü** abrufen kann:

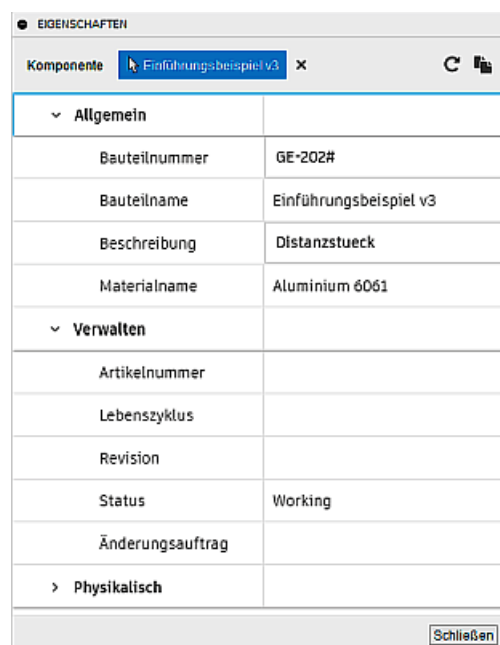


- Werte für die spätere technische Zeichnung sind z.B. der Material-Bezeichner und die Masse des Bauteils.
- Trägheitsmomente würden z.B. für bestimmte Belastungsanalysen benötigt.

Für die Einordnung des Bauteil-Modells in das Produkt-Modell der übergeordneten Produktentwicklung werden zusätzliche Informationen benötigt. Diese umfassen u.a. personelle, organisatorische, technologische und ökonomische Aspekte:

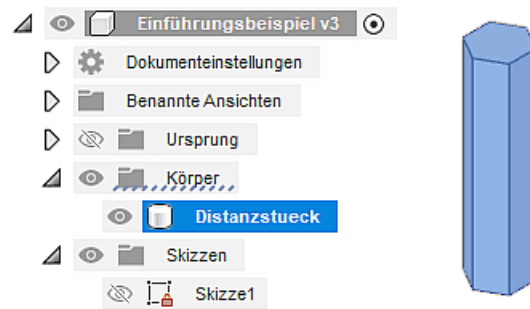
- Die nicht-physikalischen Angaben werden firmenspezifisch unterschiedlich behandelt.
- Alle Angaben zum Bearbeiter und den übergeordneten Personen sind bereits durch das eigene Benutzerprofil und die Zuordnung zu einem Team vorhanden.

Wir werden im Beispiel exemplarisch einige allgemeinen Eigenschaften spezifizieren (**Browser > Komponente (Einführungsbeispiel) > Kontextmenü > Eigenschaften**):



- Die physikalischen Eigenschaften der Bauteil-Komponente entsprechen den Eigenschaften von **Körper1**, welche wir bereits betrachtet haben.
- Für die Bauteilnummer wird standardmäßig der Name der Konstruktion verwendet. Wir verwenden abgeleitet von der Bezeichnung der Lehrveranstaltung "Geräteentwicklung" das Kürzel **GE-202#** mit aktuellen Jahreszahl (z.B. **GE-2026**).
- Der Bauteilname "**Einführungsbeispiel v3**" kann im Eigenschaftsfeld nicht geändert werden, weil dafür immer der Name der Konstruktionsdatei verwendet wird.

- Die Beschreibung "**Distanzstueck**" soll die Funktion des Bauteils verdeutlichen.
- Die Felder für die Verwaltungsinformationen können in diesem Eigenschaftsdialog nicht editiert werden.
- Der erzeugte **Körper1** repräsentiert das schrittweise zu konstruierende Bauteil "**Distanzstueck**". Deshalb sollte man in der Browser-Darstellung den erzeugten Körper entsprechend umbenennen:



- Für unser Distanz-Stück sollen diese beispielhaften Einträge genügen, um die Möglichkeiten der Eigenschaftsdefinition zu erkennen.
- In der späteren Produkt-Dokumentation sollten die Informationen möglichst automatisiert an den entsprechenden Stellen eingefügt werden (z.B. im Schriftfeld der Zeichnung).

← →

---

# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Skizzierte Elemente

Aus OptiYummy

↑

← →

## Skizzierte Elemente

Das Basiselement (Rohteil) wurde von uns in Form eines skizzierten Elements durch Extrusion aus einer Profil-Skizze entwickelt:

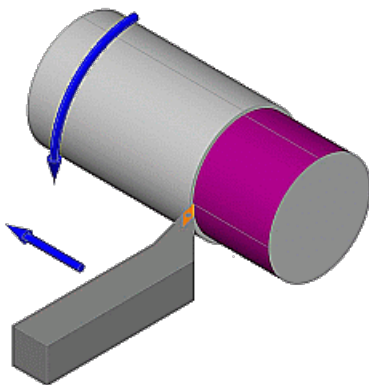
- **Skizziertes Element:** Ein Elementvolumen wird z.B. durch Extrusion, Sweeping, Drehen oder Erheben eines skizzierten 2D-Profiles erstellt. Das erstellte Volumen kann mit dem Volumen vorhandener Elemente verbunden oder von diesem subtrahiert werden. Außerdem kann man die gemeinsame Schnittmenge bestimmen.
- **Fertigungsorientierte CAD-Modellierung:** Nach welchem Prinzip man aufbauend auf dem Basiselement weitere skizzierte Elemente erstellt, muss überwiegend durch das verwendete Fertigungsverfahren bestimmt werden:

Die geometrischen Modelloperationen sollten möglichst gute Analogien zu den anzuwendenden Fertigungsschritten darstellen.

Das ist günstig für die gedankliche Vorstellung bei der Entwicklung des CAD-Modells, da der digitale Prototyp dann durch die gleichen Arbeitsschritte entsteht, wie das zu fertigende Bauteil.

Bei abtragendem Fertigungsverfahren werden vom Rohteil schrittweise geometrische Elemente (Material-Volumina) entfernt:

- Für ein Außengewinde benötigt man einen Zapfendurchmesser mit dem Nenndurchmesser des Gewindes (**d=4 mm**).
- Der Zapfen wird durch Drehen aus dem Sechskant-Rohteil herausgearbeitet (**Länge=10 mm**).



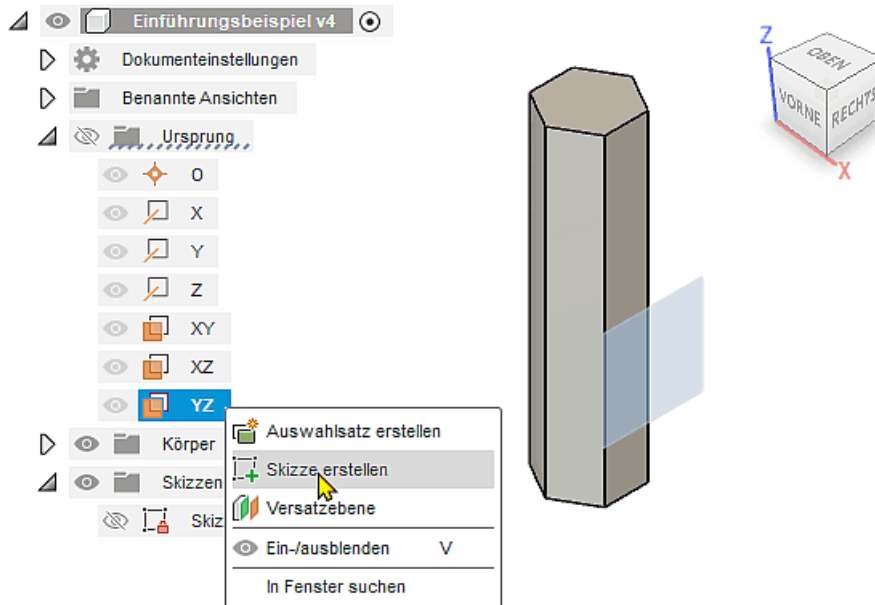
Leider bestehen häufig mehrere Möglichkeiten, einen realen Fertigungsschritt (z.B. Drehen eines Zapfens an einem Kreiszyylinder) durch eine CAD-Operation nachzubilden:

- **Extrusion** eines Kreisringes (Profilskizze) in Richtung der Zapfenachse.
  - **Sweeping** eines Kreisringes (Profilskizze) entlang der Zapfenachse (Pfadskizze).
  - **Drehung** eines Rechtecks (Profilskizze) um die Zapfenachse.
1. Das *Sweeping* muss man hier nicht weiter betrachten. Es handelt sich um eine Verallgemeinerung der *Extrusion* und funktioniert auch entlang gekrümmter Pfade. Mit dem doppelten Aufwand käme man im Beispiel zum gleichen Ergebnis wie mit der Extrusion einer Skizze.
  2. Die *Extrusion* wäre die beste Analogie, wenn man in Richtung der Zapfenachse auf die Stirnfläche des Teils blickt.
  3. Die *Drehung* wäre die beste Analogie, wenn man lotrecht auf die Zapfenachse blickt.

Es gibt keine eindeutige Entscheidung zwischen *Extrusion* und *Drehung*, weil mit der Fläche der Skizze die Summe aller Bahnpunkte der Drehmeißel-Spitze in einer Ebene abbildet wird. Je nach Betrachtungsrichtung ist dies ein Kreisring oder ein Rechteck.

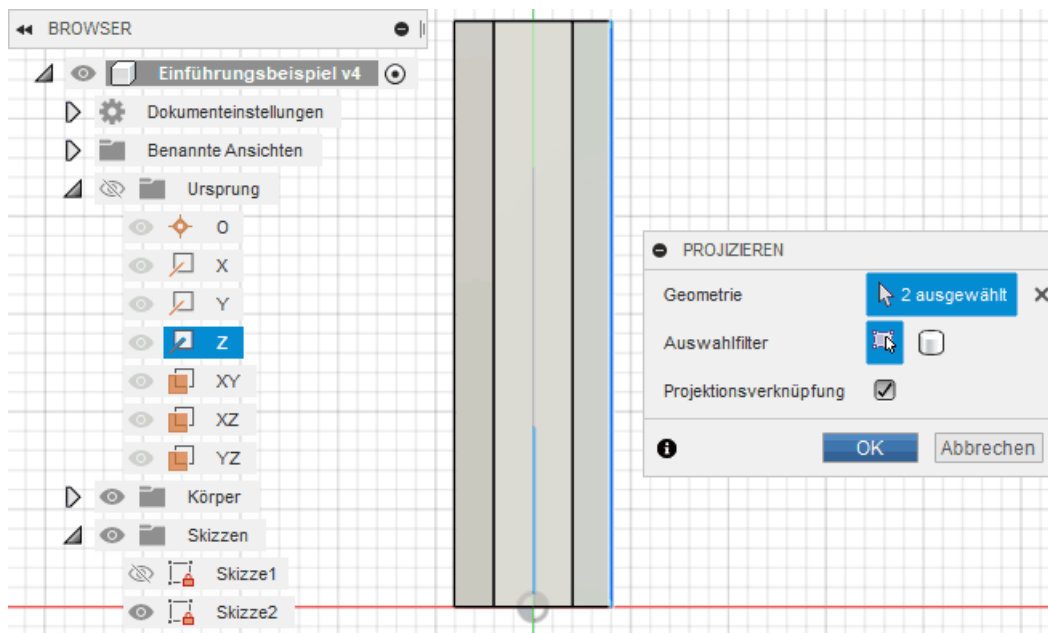
Eine *Extrusion* ist meist einfacher zu definieren. Wir benutzen im Folgenden jedoch eine *Drehung*, weil wir die *Extrusion* bereits mit dem Basis-Element geübt haben:

- Die Skizze für das Rechteck-Drehprofil sollte man auf eine geeignete Ebene des Ursprungsystems legen:



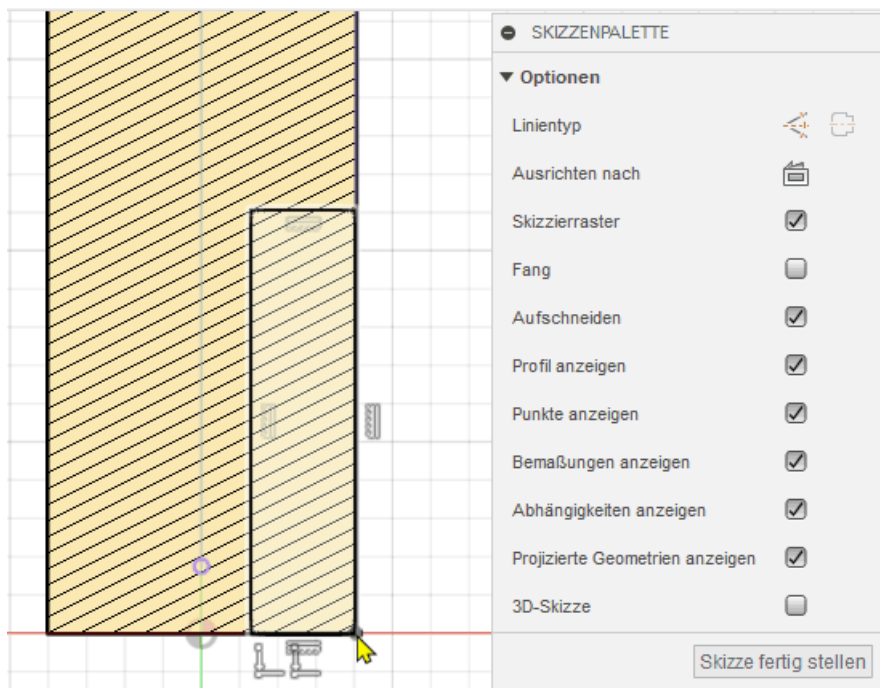
- Dafür kommt im Beispiel nur die **YZ-Ebene** in Frage, weil diese das Bauteil in der größten Ausdehnung schneidet.
- Nur bei Wahl der **YZ-Ebene** kann man nachträglich die erforderlichen Modellkanten für das Rechteck-Drehprofil als Geometrie auf die Skizze projizieren.

Etwas ungünstig ist im Beispiel, dass die Hälfte der Körpergeometrie sich vor der Skizzen-Ebene befindet und die Sicht auf die Skizze behindert:



- Automatisch wird nur der Mittelpunkt des Ursprungsystems in die Skizze projiziert.
- Als Drehungsachse müssen wir zusätzlich die Z-Achse als Geometrie projizieren.
- Wir benötigen die Projektion einer Außenkante des Sechseck-Zylinders, um daran das Rechteck-Profil befestigen zu können (automatische Anpassung des Dreh-Profiles an geänderte Bauteilgrößen!).

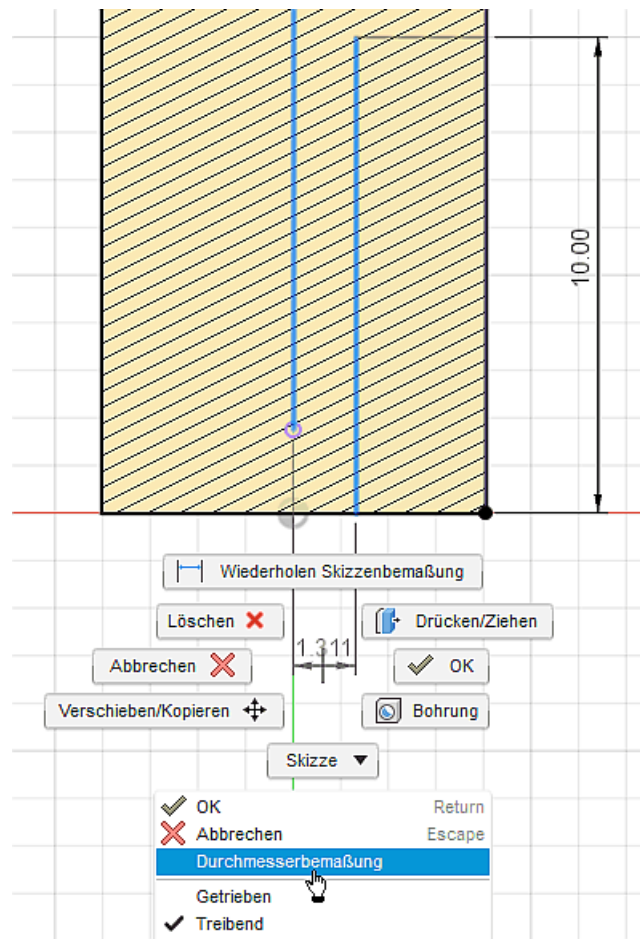
**Skizze > Erstellen > Rechteck > Rechteck mit zwei Punkten** beginnen wir mit dem Fangen des unteren Endpunktes der projizierten Körperkante. Den zweiten Eckpunkt des Rechtecks platzieren wir (**ohne Fang!**) rechts neben die Drehachse:



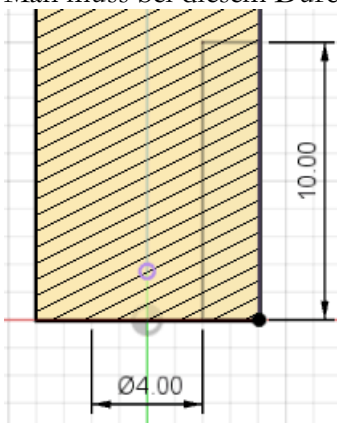
- In der Skizzenpalette kann man die Option "**Aufschneiden**" aktivieren, wodurch die Geometrie vor der Skizzen-Ebene ausgeblendet wird und man direkt auf die Schnittfläche sieht.
- Die Anzeige der Abhängigkeiten kann man deaktivieren, wenn man sich von der korrekten Verankerung der Profil-Skizze überzeugt hat.

Die Modellbemaßung in einer Skizze soll alle Maße enthalten, welche später in der zugehörigen Zeichnungsansicht erforderlich sind:

- Die **Länge=10 mm** für das Drehen des Zapfens ist problemlos zu bemaßen, indem man dafür eine der langen Rechteckseiten wählt.
- Etwas umständlicher ist die Bemaßung des Zapfendurchmessers, weil nur zwei Linien im Radius-Abstand in der Skizze existieren:



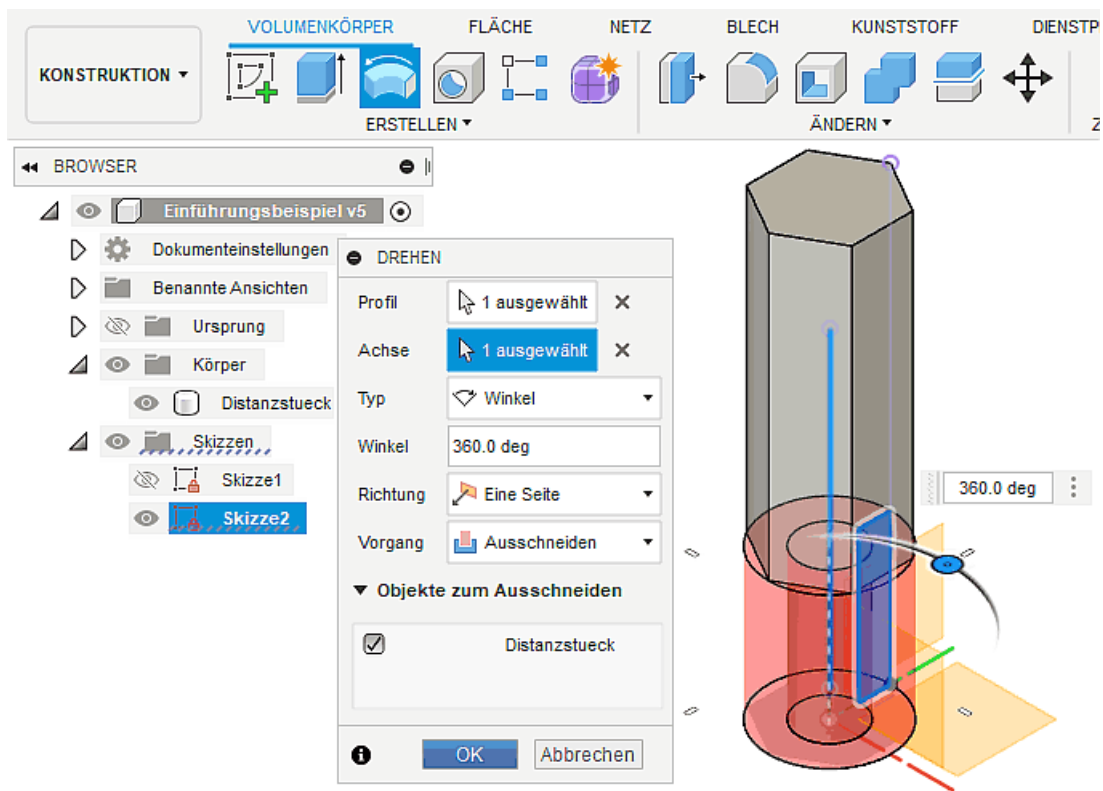
- Man muss bei diesem Durchmessermaß sehr sorgfältig in folgenden Schritten vorgehen:



- von der Drehachse (projizierte Z-Achse)
  - zur inneren Rechteckseite
  - über Kontextmenü (rechte Maus) **Durchmesserbemaßung** als Maßeigenschaft wählen.
- Der **Durchmesser=4 mm** erscheint dann symmetrisch zur Zapfenachse.

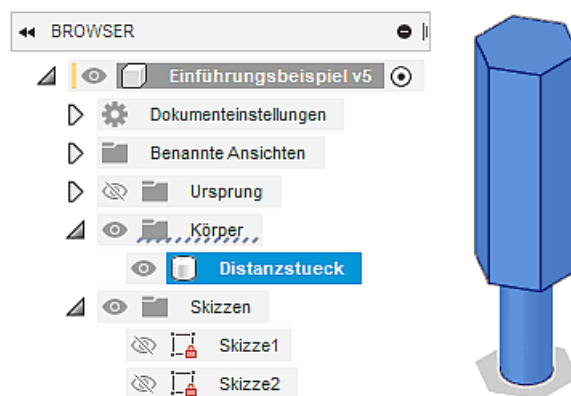
**Wichtig:** Nach der Bemaßung ist die Skizze vollständig bestimmt (mit "Schloss-Symbol"), wenn das Rechteck korrekt verankert wurde - wir können die Skizze fertigstellen.

**Volumenkörper > Erstellen > Drehen** ermöglicht wieder sehr intuitiv, das gewünschte Volumen vom Rohteil zu entfernen:



- Das Rechteck als Dreh-Profil wird automatisch ausgewählt.
- Die projizierte Z-Achse muss noch mit dem Cursor als Dreh-Achse markiert werden.
- Bei bereits existierenden Körpern wird automatisch der material-abtragende Vorgang "Ausschneiden" aktiviert.

Nach dem "Abdrehen" des Schaftes ist unterhalb des modifizierten Körpers eine Scheibe sichtbar:



- Dabei handelt es sich jedoch nicht um einen dünnen Material-Rest, sondern um das Darstellungsfeature "Schatten", wie man leicht nach Anklicken von "Distanzstueck" im Browser erkennt.
- Über die Zeitleisten-Einstellung sollte man die Option "**Komponenten-Farbmuster**" aktivieren. Damit wird deutlich, zu welcher Komponente die aufgelisteten Operationen gehören:



Damit ist der Zapfen des Distanzstücks nun fertig gedreht und kann im nächsten Schritt ein Außengewinde erhalten.

# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Platzierte Elemente

Aus OptiYummy

↑

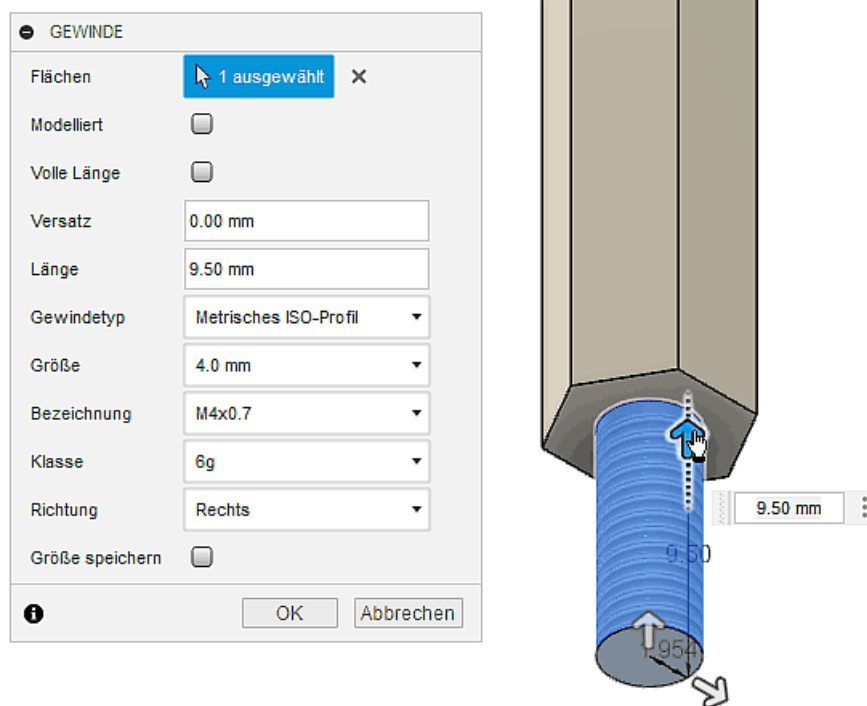
← →

## Platzierte Elemente

**Platzierte Elemente:** sind vordefinierte Elemente mit vorgegebenen geometrischen Formen (z.B. Bohrungen, Gewinde, Fasen und Abrundungen). Man muss solche Elemente nicht individuell als skizzierte Elemente entwickeln, sondern kann die vom CAD-System bereitgestellten konstruktiven Elemente in der Größe anpassen und mit vorhandener Geometrie verknüpfen (Platzieren auf gewünschte Position und in gewünschte Richtung). Letztendlich handelt es sich aber auch hierbei um skizzierte Elemente, welche vom CAD-Systementwickler bereitgestellt werden.

### Aussengewinde mit Fase

Wir beginnen mit dem Außengewinde auf dem Zapfen des Distanzstücks (*Volumenkörper > Erstellen > Gewinde*):



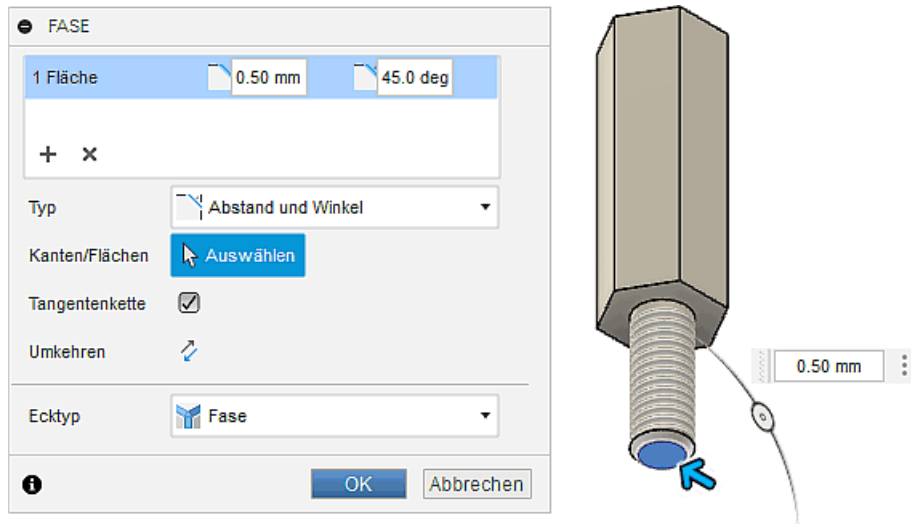
- Das Gewinde darf sich **nicht über die "volle Länge"** des Zapfens erstrecken. Deshalb sollte man die Zylinder-Fläche durch Anklicken der Kreisfläche als Anfangsseite wählen. Wir verwenden eine **Gewindelänge=9,5 mm**.
- Durch die Zapfen-Mantelfläche ist gleichzeitig die **Größe** des Gewinde-**Nenndurchmesser=4 mm** festgelegt.
- Standardmäßig wird in der deutschen Version der **Gewindetyp "ISO Metrischem Profil"** als Rechtsgewinde benutzt.
- Als Steigungsmaß wird das Regelgewinde mit **Steigung=0.7** vorgeschlagen, welches wir benutzen. Ein Feingewinde mit der Steigung 0.5 wäre möglich.

**Hinweis:** Standardmäßig wird ein Gewinde in CAD-Modellen nur als grafische Textur auf der entsprechenden Zylinderfläche abgebildet, ohne diese Oberfläche selbst zu verändern. Die Option "Modelliert" bietet jedoch die Möglichkeit, die Spirale des Gewindeganges als Geometrie im Detail zu berücksichtigen. Dies erhöht den

Berechnungsaufwand leider enorm und sollte nur bei Bedarf, z.B. für exakte Belastungsanalysen eines Gewindes-Abschnittes, aktiviert werden!

Den Gewindeanfang versehen wir mit einer Fase  $0.5 \times 45^\circ$  (*Volumenkörper > Ändern > Fase*):

- Es werden verschiedene Möglichkeiten der Fasen-Definition bereitgestellt:
  1. Abstandsmaß (gleicher Abstand)
  2. Abstand und Winkel
  3. Zwei Abstandsmaße
- Für das Anbringen einer Fase können Kanten oder Flächen gewählt werden:
  - **Kante** - wird komplett gefast (ungünstig bei Winkelangabe, da Bezugsfläche vorher nicht erkennbar)
  - **Fläche** - alle Kanten der Fläche werden gefast, die gewählte Fläche ist die Bezugsfläche für den Winkel)



- Im Normalfall ist die Verwendung des Winkels sinnvoll, weil dann der Wert des Winkelmaßes auch in der Zeichnung zur Verfügung steht. Außerdem kann man bei Bedarf diesen Winkel nachträglich problemlos ändern. Dazu sollte man im Beispiel die Kreisfläche des Gewindezapfens wählen.

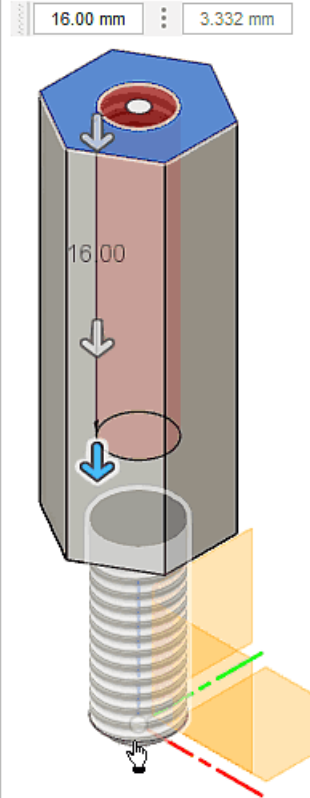
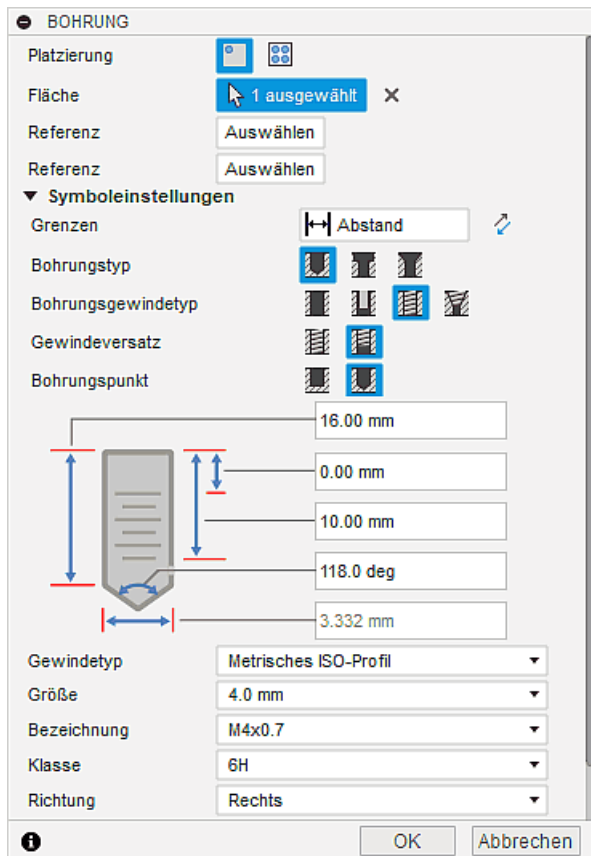
### Bohrung mit Innengewinde und Fase

Das Distanzstück soll ein zum Zapfengewinde passendes Innengewinde erhalten. Die reale Fertigung verläuft in drei Schritten (Maße für das Beispiel):

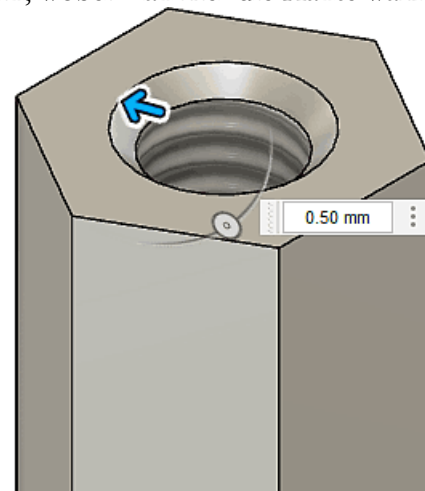
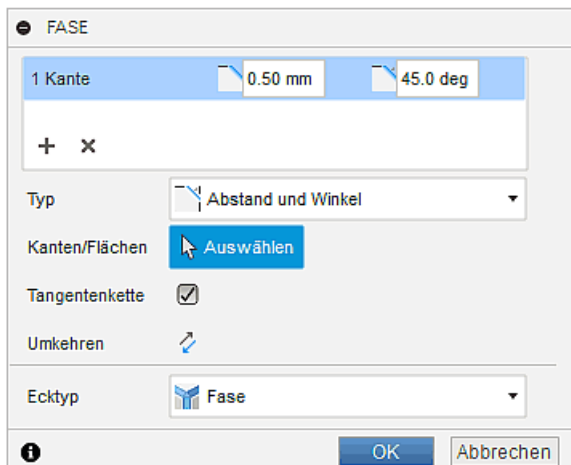
- Bohrung mit dem Kerndurchmesser (**Bohrungstiefe=16 mm**)
- Erzeugen der **Fase** am Bohrungsrand ( $0.5 \times 45^\circ$ )
- Schneiden des Gewindes (nutzbare **Gewindetiefe=10 mm**)

Beim Parametrisieren der Bohrung sollte man die fertigungsbedingte Fase als separates Element erst nach der Bohrung definieren (Konische Senkung nicht als Fase verwenden!):

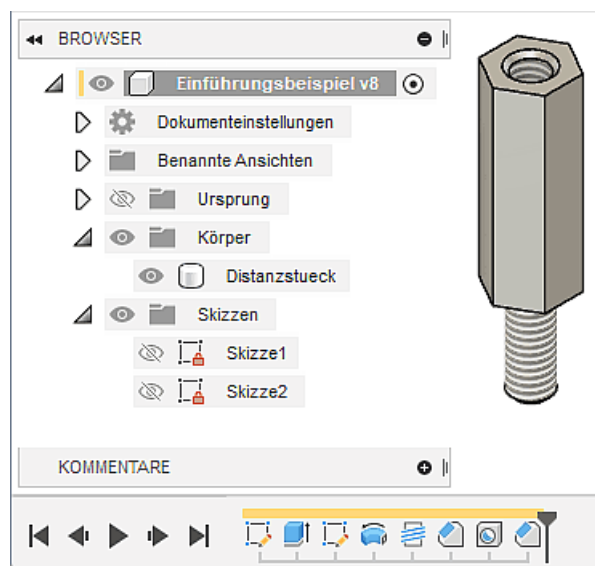
1. Auswahl der oberen Bauteilfläche → Bohrung ist noch nicht am Mittelpunkt der Fläche "befestigt".
2. Zusätzliche Auswahl einer Kreiskante des Gewindezapfens bewirkt die zentrische Platzierung der Bohrung auf dieser Deckfläche.
3. Parametrisieren der Bohrung entsprechend obiger Anforderungen:



- Die Fase am Bohrungsrand sollte dann kein Problem mehr sein, wobei man hier die Kante wählen muss:

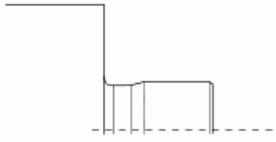


Alle skizzierten und platzierten Elemente sind Bestandteil der Zeitleiste des Modells:



- Das fertige CAD-Modell des Bauteil entsteht, indem diese Baumstruktur ausgehend vom *Ursprung* bis zum *Bauteilende* abgearbeitet wird.
- In parametrisierten CAD-Modellen werden alle Abhängigkeiten zwischen den benutzten geometrischen Objekten (z.B. Punkte, Linien, Flächen, Volumen) durch Parameter beschrieben (z.B. Abstand, Winkel, Ausrichtung). Damit lassen sich sowohl die Form als auch die Größe eines CAD-Modells durch nachträgliche Änderung von Modellparametern an vorgegebene Forderungen anpassen.
- Der history-basierte Modellierungsansatz, d.h. die Verwaltung der seriellen Abfolge von Modellierungsschritten, ermöglicht das nachträgliche flexible Ändern der Konstruktionsgeometrie durch die Modifikation einzelner Bearbeitungsschritte.

### Freistich auf dem Zapfen



**Freistiche** verringern die Kerbwirkung an sonst scharfkantigen Absätzen bei Drehteilen. Grenzt ein Außengewinde an eine Planfläche, ist aus fertigungstechnischen Gründen ein Gewindefreistich (oder ersatzweise ein Gewindeauslauf) erforderlich (Siehe [1] S.4.7-4.8). Freistiche werden (zur Zeit noch nicht) als platzierte Elemente im *Fusion 360* zur Verfügung gestellt:

- Die exakte Modell-Geometrie z.B. eines Freistichs benötigt man nur, wenn auf Basis des CAD-Modells Belastungssimulationen durchgeführt werden. Dann wird die zum eventuellen Bruch führende mechanische Spannung vor allem durch die Kerbwirkung am Zapfen-Ende bestimmt.
- Beschränkt man sich (wie hier im Beispiel) nur auf die Erstellung technischer Zeichnungen, so verzichtet man im CAD-Modell auf die Geometrie der Freistiche. Man nutzt dann nur eine vereinfachte Darstellung in der Zeichnung selbst in Form eines Kommentars.

[1] Schirmer, J.; Lienig, J.; Bönisch, I.; Reifegerste, F.: **Technisches Darstellen**.

Studienliteratur Elektrotechnik-Mechatronik-Regenerative Energiesysteme. Dresden: Verlag Initial.

# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Zeichnungsansichten

Aus OptiYummy



## Zeichnungsansichten

### Technische Zeichnung:

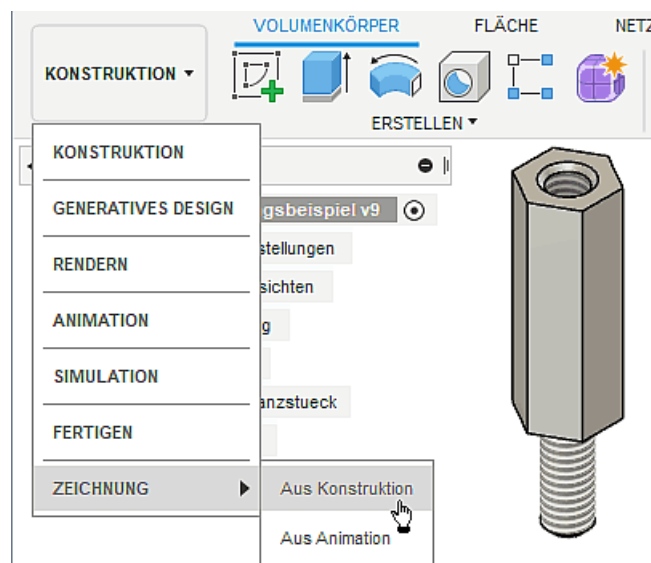
- Bildet meist auf Papier in überwiegend grafischer Form alle notwendigen Informationen für die Herstellung eines Einzelteils, einer Baugruppe oder eines kompletten Produkts ab.
- Wird heute überwiegend auf Basis von 2D-Projektionen eines 3D-CAD-Modells in einem CAD-System teilautomatisiert erstellt.
- Ist (noch) unverzichtbarer Bestandteil fast aller technischen Produktdokumentationen.

### Inhaltsverzeichnis

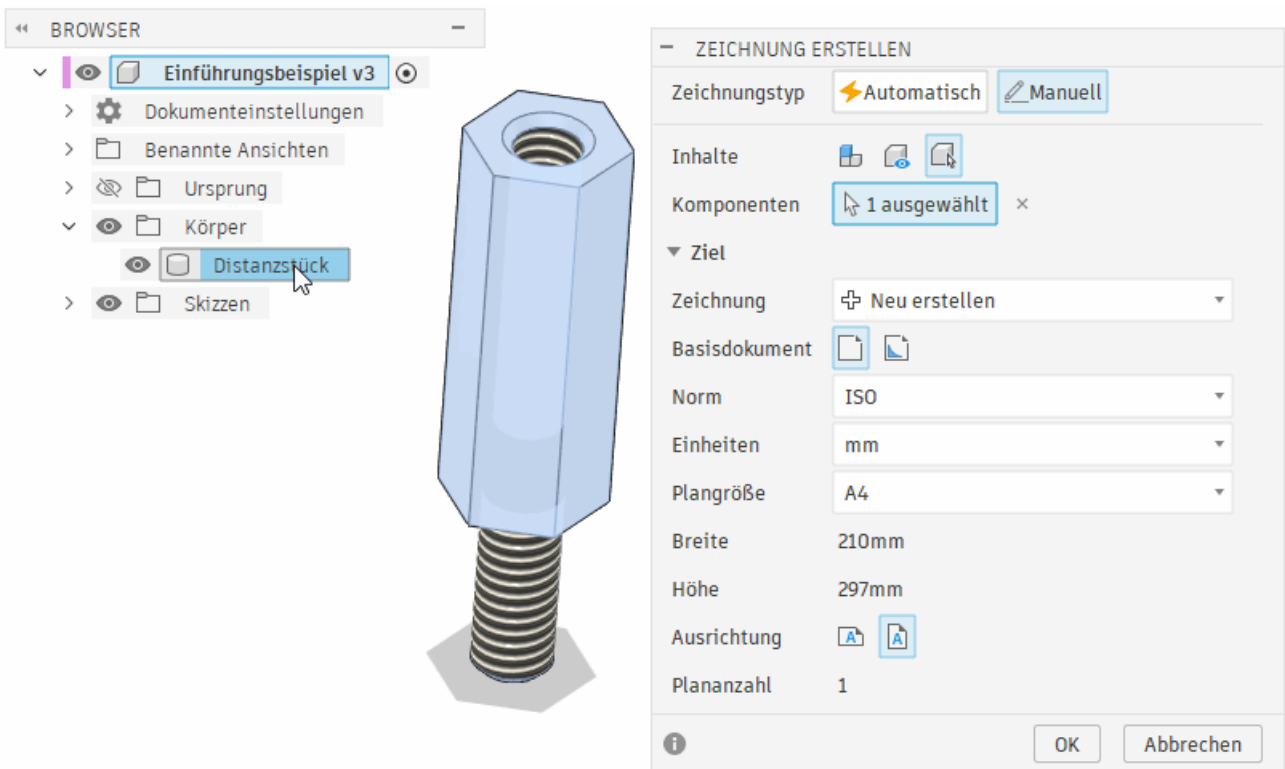
- - 1 Erstellen einer neuen Zeichnung
  - 2 Erstellen der Zeichnungsansichten
- - 2.1 Erstansicht
  - 2.2 Projektionsansicht

### Erstellen einer neuen Zeichnung

Für das Erstellen einer Zeichnung wird ein separater **Arbeitsbereich** innerhalb der Konstruktion bereitgestellt:



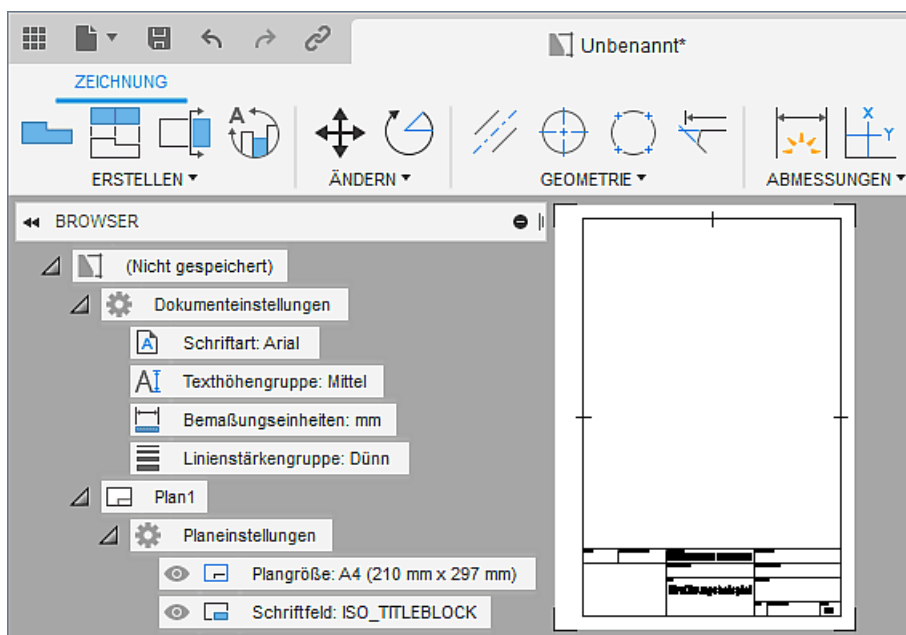
- Wie erwartet steht das Erstellen von Zeichnungen hierbei an letzter Stelle im Konstruktionsprozess.
- Wir benötigen aus unserer Konstruktion eine Bauteilzeichnung für das Distanzstueck.
- Zur grundlegenden Konfiguration der Zeichnung erscheint ein Eigenschaftsfenster, welches wir wie folgt konfigurieren:
  1. Wir wählen den Körper "Distanzstueck".
  2. es genügt das A4-Format (laut Norm nur als Hochformat zulässig!)



- **Hinweis:** In aktuellen Fusion Versionen gibt es die Möglichkeit Zeichnungen vollautomatisch zu erstellen. Diese Option kann man als Vorschau auf zukünftige Entwicklungen gerne ausprobieren. Das Ergebnis zeigt aber recht eindeutig, dass die Funktion noch nicht ausgereift ist.

**Beachte:**

- Der Arbeitsbereich "Zeichnung" ist im Unterschied zu allen anderen Arbeitsbereichen (von "Konstruktion bis Fertigen") nicht Bestandteil der aktuellen Konstruktionsdatei!
- Zeichnungsdateien gehören zur übergeordneten Produktdokumentation und stehen deshalb außerhalb der Konstruktionsdateien, welche sich jeweils auf bestimmte Aspekte einer Produktentwicklung beschränken.
- Anhand der aktuellen Einstellungen wird jeweils eine neue "unbenannte" Zeichnungsdatei erstellt:



Wir ignorieren die Aufforderung, sofort die Erstansicht zu erstellen, stattdessen speichern wir zuerst diese neue Zeichnungsdatei:

### Speichern ✕

Name:

Position:  
 ▼

Sie können diesen Entwurf nur in diesem Ordner speichern.

Leider ist das Schriftfeld, welches durch die bereitgestellte Zeichnungsvorlage definiert wird, praktisch kaum zu gebrauchen:

Dept.	Technical reference	Created by <b>Alfred Kamusella 15.03.2022</b>	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Einführungsbeispiel</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>

- Automatisch wie gewünscht ausgefüllt wurde nur der Name des Konstrukteurs mit dem Datum der letzten Änderung.
- Als Titel wurde der Name der Konstruktion übernommen (nicht der Name des ausgewählten Körpers)

Schriftfelder kann man durch Doppelklick zur Bearbeitung öffnen:

Dept. <b>DEPT</b>	Technical reference <b>TECHNICAL_REFERENCE</b>	Created by <b>Alfred Kamusella 15.03.2022</b>	Approved by <b>APPROVED_BY APPROVED_DATE</b>
		Document type <b>DOCUMENT_TYPE</b>	Document status <b>DOCUMENT_STATUS</b>
		Title <b>Einführungsbeispiel</b> <b>TITLE_2</b> <b>TITLE_3</b>	DWG No. <b>DRAWING_NUMBER</b>
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>

- Ein Schriftfeld enthält Attribute (Variablen-Bezeichner), deren Werte aus der Konstruktionsumgebung automatisch übernommen werden (falls sie bereits vorhanden sind).
- Für das Standard-Schriftfeld beschränkt sich die Bearbeitung auf die Veränderung der Attribut-Werte, indem man mit dem Cursor die Attribute anklickt.
- Es ist nicht möglich, andere Attribute in das Standard-Schriftfeld einzutragen. Dazu müsste man zuvor eigene Zeichnungsvorlagen erstellen!

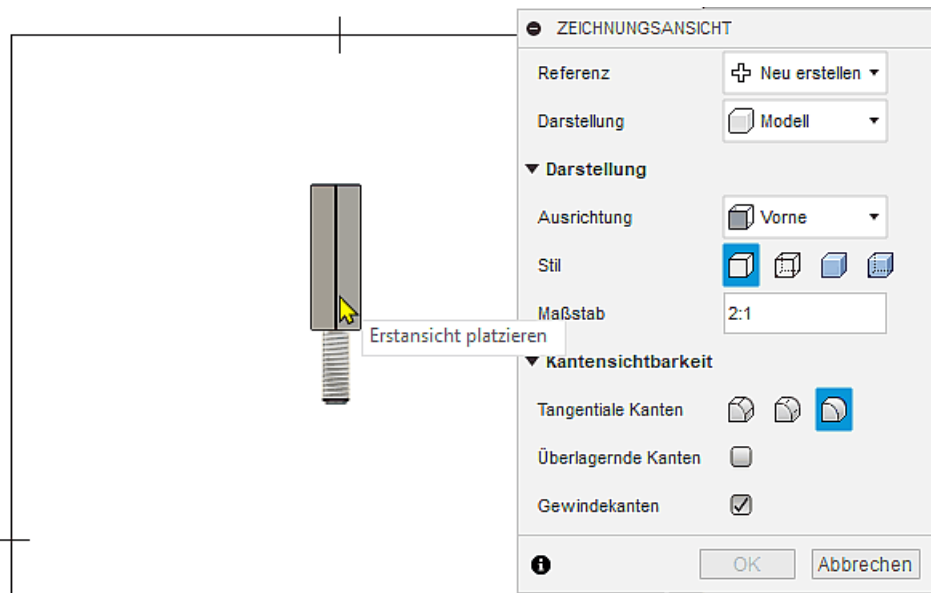
**Beachte:** Im Rahmen dieser Einführungsübung verzichten wir auf die Erstellung bzw. Nutzung individueller Zeichnungsvorlagen und beschränken uns auf das unzulängliche Schriftfeld der Standardvorlage.

## Erstellen der Zeichnungsansichten

### Erstansicht

**Zeichnung > Erstellen > Erstansicht** nur mit sichtbaren Kanten in einem geeigneten, zulässigem Maßstab:

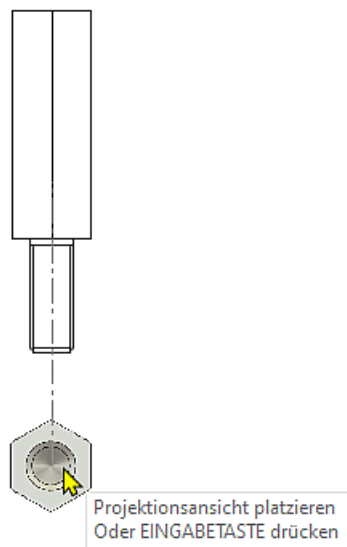
- Bei günstiger Ausrichtung am Ursprung-Koordinatensystem ist dafür meist die Ausrichtung von "Vorne" geeignet, welche standardmäßig eingestellt ist:



- Nach Wahl der Position ist noch eine Änderung der Eigenschaften der Erstansicht möglich, bevor man mit **OK** quittiert.

### Projektionsansicht

*Zeichnung > Erstellen > Projektionsansicht* in Bezug auf eine vorhandene Ansicht:



- Nach Wahl der übergeordneten Erstansicht (Ansicht von "Vorne") wählt man eine sinnvolle Position (hier für die Ansicht von "Oben") und bestätigt mit **OK**.
- Die Anordnung der Ansichten auf dem Zeichenblatt kann man nachträglich durch Ziehen mit dem Cursor korrigieren.



# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Mittellinien

Aus OptiYummy

↑

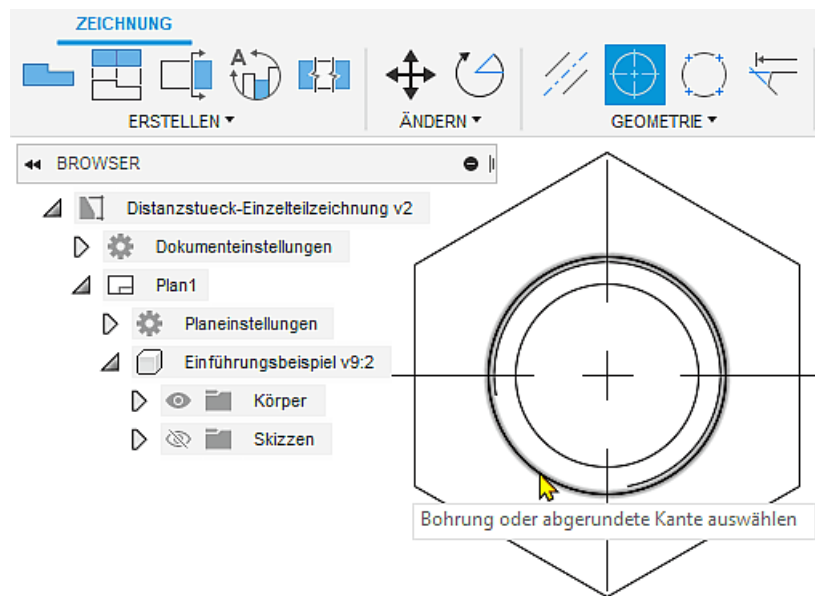
## ← → Mittellinien

Ein wesentlicher Bestandteil technischer Zeichnungen sind Symmetrie-Linien (*Elementsymmetrie*) sowie Mittellinien / Mittelpunktmarkierungen (*Rotationsymmetrie*). Häufig dienen sie gleichzeitig als Maßhilfslinien. Es ist deshalb sinnvoll, die Zeichnungsansichten noch vor der eigentlichen Bemaßung mit den Mittellinien (im weitesten Sinne) zu versehen.

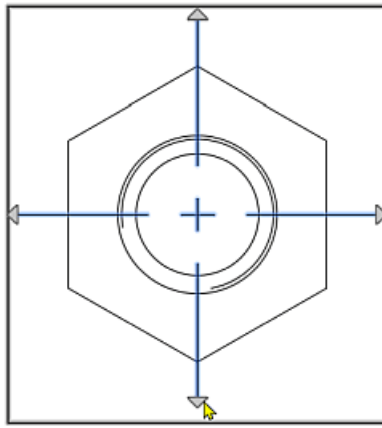
In *Fusion 360* werden alle Arten von "Mittellinien" als sogenannte "**Beschriftungsgeometrie**" in der Werkzeug-Gruppe "Geometrie" bereitgestellt:

- **Mittellinien** werden hierbei nicht von Symmetrielinien unterschieden. Sie werden als dünne Strich-Punkt-Linie zwischen zwei geraden Kanten bzw. Linien erzeugt.
- **Mittelpunktmarkierungen** dienen zur Erzeugung von Mittenkreuzen auf dem Mittelpunkt von Kreisbögen oder Kreisen.

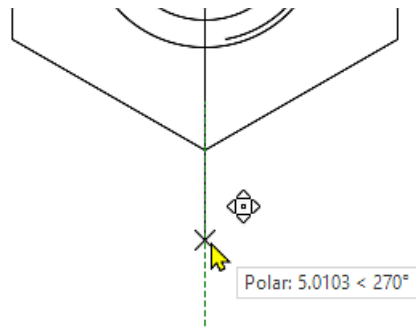
*Zeichnung > Geometrie > Mittelpunktmarkierung* in der "Ansicht von oben" (Gewindebohrung):



- Aufgrund der Symmetrie des 6-eckigem Polygons muss sich das Mittenkreuz im Sinne von Symmetrielinien über das gesamte Bauteil erstrecken.
- Die Größe des Kreuzes kann man nach dem Fertigstellen (**Kontextmenü > OK**) durch Markieren und Ziehen an den Endpunkten verändern:

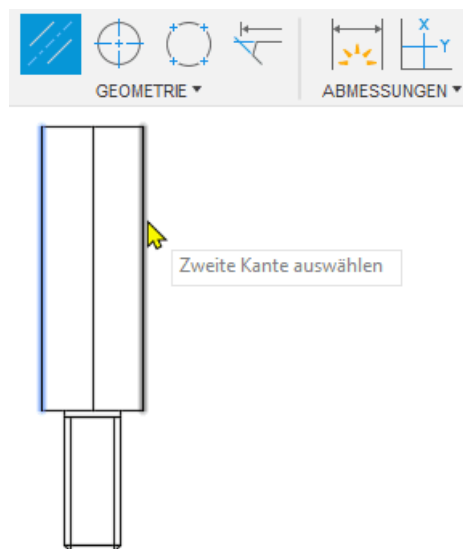


- Mit einfachem Anklicken gelingt dies jeweils nur einzeln für jeden Eckpunkt des Kreuzes, wobei das Fangen nur an vorhandenen Linien-Endpunkten möglich ist.
- Um eine gleichmäßige Verlängerung über die Bauteilkontur hinaus zu erreichen, muss man während des Ziehens die **<Shift>-Taste** drücken.
- Eine andere Möglichkeit bieten die beim Verschieben eines Endpunktes angezeigten polaren Relativ-Koordinaten (alle Endpunkte um die gleiche Strecke verschieben!):

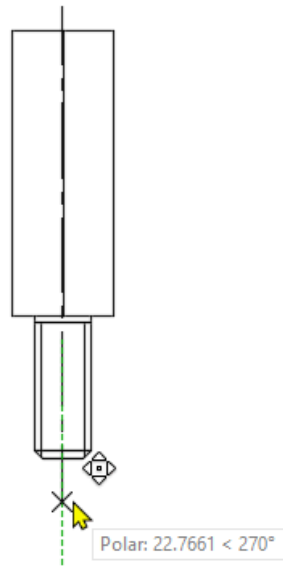


**Zeichnung > Geometrie > Mittellinie** in der "Ansicht von vorne" (über die gesamte Bauteil-Höhe):

- Es existieren im Beispiel keine Bezugskanten, welche sich über die gesamte Höhe des Bauteils erstrecken. Die erzeugte Mittellinie ist also in jedem Fall zu kurz, da sie sich nur zwischen den beiden gewählten Kanten generiert wird:



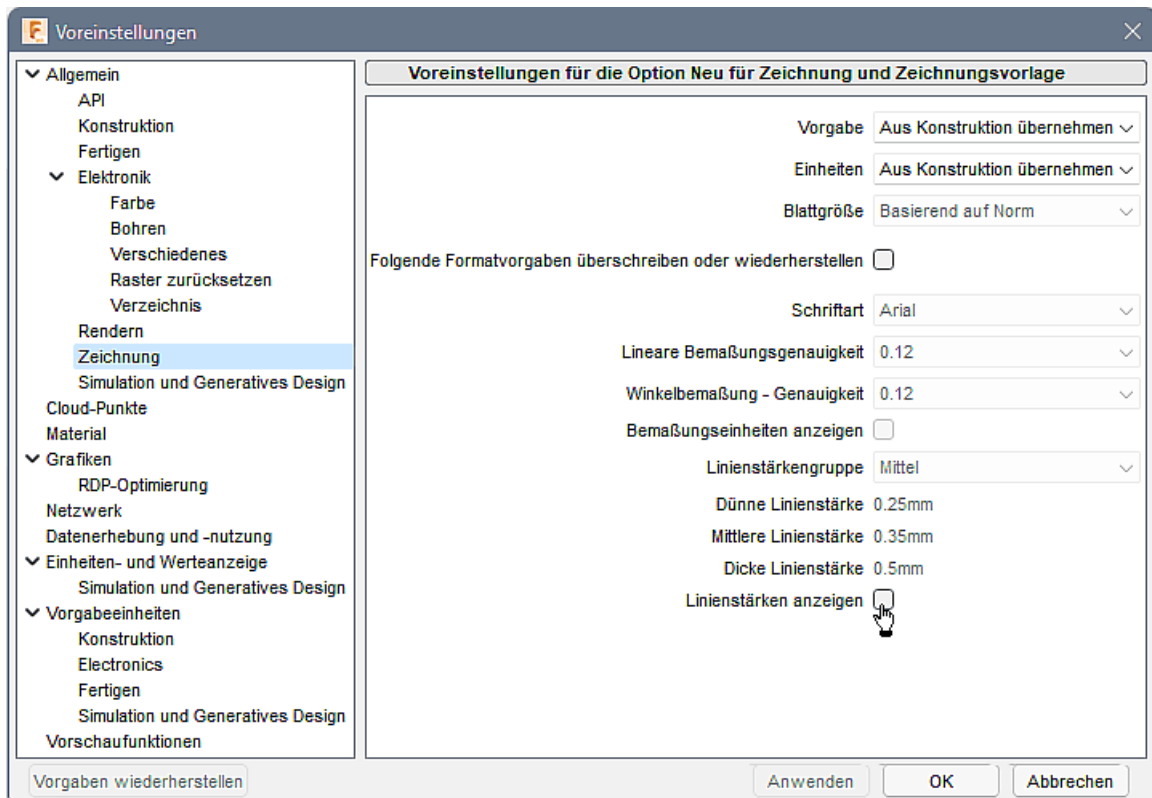
- Die im Sechskant-Abschnitt erzeugte Mittellinie liegt exakt über der abgebildeten Körperkante.
- Nach dem Bestätigen der Mittellinie (**Kontextmenü > OK**) kann man diese Mittellinie mit dem Cursor auf die erforderliche Länge ziehen:



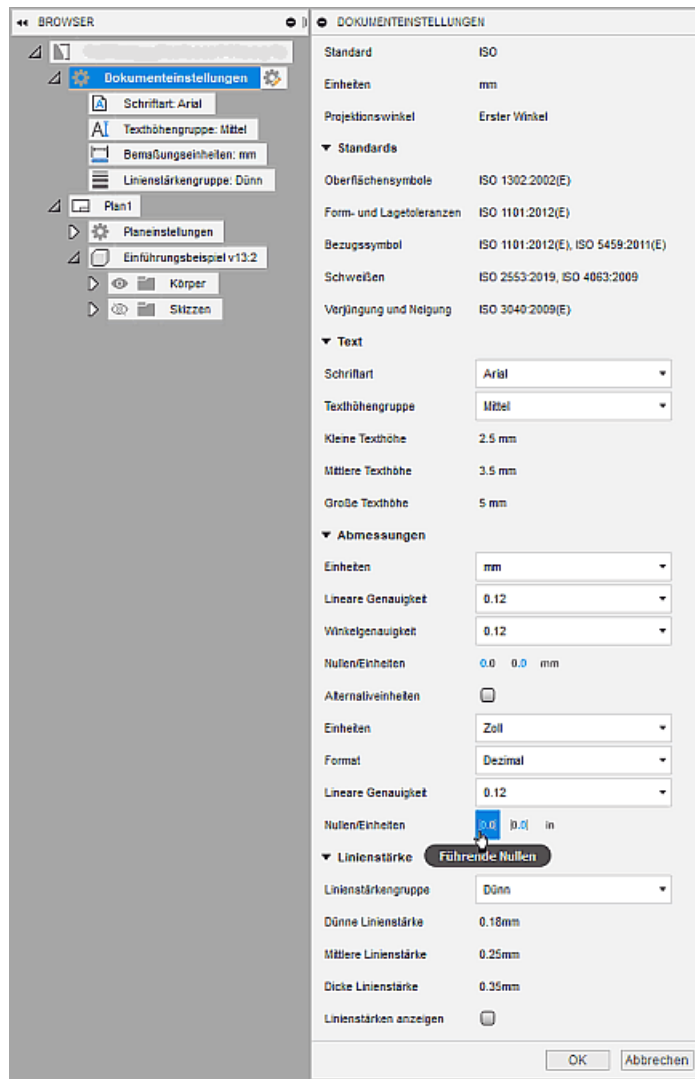
- **Hinweis:** Anstatt einer Mittellinien-Verlängerung könnte man als Ergänzung eine zweite Mittellinie innerhalb des Gewindezapfens definieren.

**Beachte:**

- Innerhalb des Arbeitsbereiches "Zeichnung" werden in der Standardeinstellung alle Linien unabhängig von ihrer genormten Stärke als gleich dick dargestellt! Durch die "Vermeidung" dicker Linien wird die Präzision der Objektauswahl bei der Zeichnungserstellung erhöht.
- Erst beim Exportieren der "gedruckten" Zeichnung (z.B. als PDF) werden die richtigen Linienstärken benutzt.
- Im Dialogfenster der benutzerspezifischen Voreinstellungen findet man auch diejenigen für den Arbeitsbereich Zeichnung:

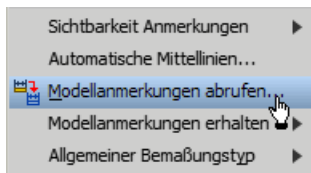


- Die obigen benutzerspezifischen Einstellungen sind wirksam beim Erstellen einer neuen Zeichnungsdatei.
- In der geöffneten Zeichnungsdatei kann man bezogen auf die spezielle Datei Änderungen an diesen Dokumenten-Einstellungen vornehmen (z.B. führende Nullen an Maßzahlen anzeigen):



# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Bemassung

Aus OptiYummy



Die Zeichnungsansichten sind noch ohne Bemaßung. Diese soll nun ergänzt werden:

- Bei der Modellierung des Bauteils im Fusion-Arbeitsbereich "Konstruktion" wurden die konkreten Abmessungen im Wesentlichen durch Bemaßen der Skizzen bzw. durch die Parameter der platzierten Elemente festgelegt.
- Es wäre sicher sinnvoll, diese Modellbemaßungen sofort in den Zeichnungsansichten zu benutzen.
- Moderne CAD-Systeme mit ausgereifter Zeichnungserstellung bieten diese Möglichkeit des Abrufens der vorhandenen Modellbemaßung.

Leider ist das Abrufen der Modellbemaßung in *Fusion 360* (noch) nicht möglich:

- Schwerpunkt bei der Entwicklung des neuen CAD-Programms *Fusion 360* war bisher der Konstruktionsprozess von der Erstellung des CAD-Modells, über Simulationen und Optimierungen bis zum Rapid Prototyping bzw. der endgültigen Fertigung.
- Das Erstellen von Zeichnungen wurde bisher nur soweit implementiert, dass man damit zu normgerechten Zeichnungsunterlagen kommen kann.
- **Positive Interpretation:** Für CAD-Anfänger erleichtert dieser Mangel an Funktionalität den Einstieg durch Übersichtlichkeit.

**Zeichnungsbemaßung** (ist in *Fusion 360* die nutzbare Alternative zur nicht verfügbaren Modellbemaßung):

- Maße ergeben sich aus dem Abstand / Winkel zwischen den projizierten Kanten in der Zeichnungsansicht (nicht aus dem "echten" Abstand / Winkel zwischen den Modellkanten!).
- Es können deshalb nur orthogonale Ansichten mit korrekter Bemaßung versehen werden.

Die Reihenfolge der Bemaßung orientiert sich am Fertigungsprozess ("fertigungsorientiert" wie bereits die Modellbildung):

1. Rohteil (Außenmaße)
2. Details (Maße der skizzierten und platzierten Elemente)
3. Kantenbearbeitung (Fasen, Rundungen und Freistiche)

Inhaltsverzeichnis	
■	1 Außenmasse
■	2 Details
■	3 Fasen
■	4 Freistiche

**Außenmasse**

Die Rohteil-Abmessungen **7x30** wird man meist als Bestandteil der Rohteil-Beschreibung **LN1797-7x30 EN-AW-5754** im Schriftfeld ergänzend zur Material-Angabe eintragen. Im Beispiel verzichten wir auf diesen Schriftfeld-Eintrag:

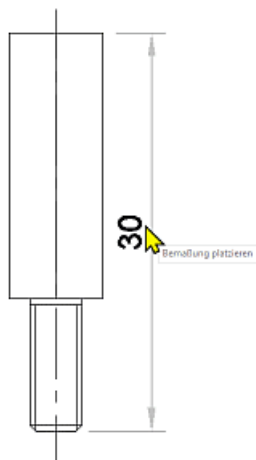
- Nach Möglichkeit sollten inhaltlich zusammengehörige Maße in einer Ansicht eingetragen werden.
- Die Bemaßung sollte in den Zeichnungsansichten erfolgen, welche die zugehörige Form am Besten widerspiegelt.
- Beide Kriterien widersprechen sich häufig und man muss einen günstigen Kompromiss finden.
- Die Höhe des Rohteils sollte hier in der Erstante bemaßt werden.
- Die Schlüsselweite des Sechskantes kann man auch in dieser Erstante bemaßen, da die Zuordnung zum Profil in der Ansicht von oben sofort erkennbar ist:

**Zeichnung > Abmessungen > Bemaßung** (Tastatur-Kürzel: **D**) ermöglicht die allgemeine Bemaßung.

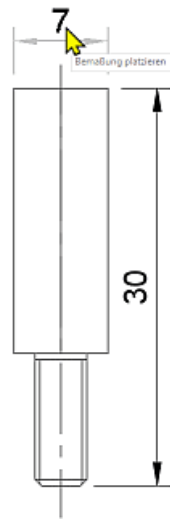
- Für lineare Maße können Kanten oder Punkte gewählt werden.
- Die Maßhilfslinie beginnt am gewählten Objekt mit der "Lücke" laut Norm.
- Insbesondere wegen dieses Abstandes zur Maßhilfslinie sollte man zuvor entscheiden, auf welcher Seite der Ansicht das Maß platziert werden soll (Höhe 30 z.B. rechts in der Erstante).
- Liegen mehrere Punkte und Linien eng beieinander (z.B. an der Fase) muss man exakt das richtige Objekt wählen:



- Wird das Maß durch parallele Kanten bestimmt, so sollte man diese für die Bemaßung nutzen. Die Wahl von Endpunkten erfordert meist noch eine manuelle Ausrichtung des angezeigten schiefen Abstandes.
- Das Maß ist dann auf eine günstige Position mit normgerechten Abstand zu den Zeichnungskanten zu ziehen. Hierbei wird man vom CAD-Programm unterstützt, indem sowohl die Maßlinie, als auch die Maßzahl an normgerechten Positionen einrasten und man sich für eine ästhetische Variante entscheiden kann:



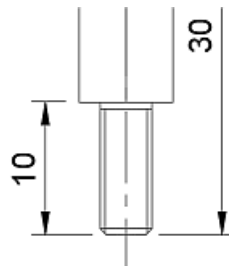
- Analog dazu erfolgt die Bemaßung der Schlüsselweite über die äußersten Kanten der projizierten Kontur:



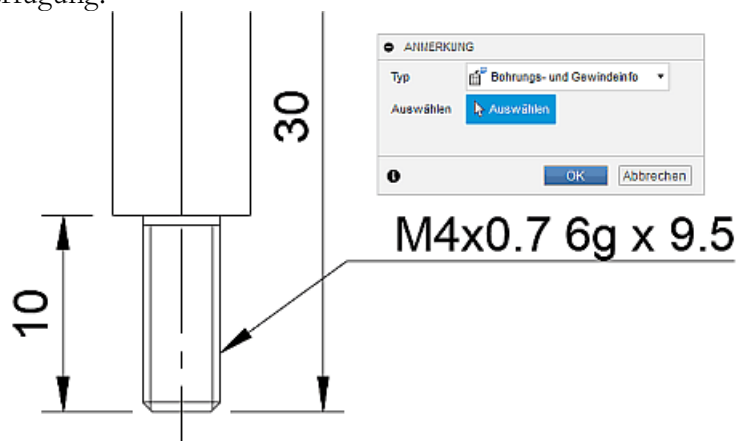
## Details

Wir beginnen mit der Bemaßung des gedrehten Schaftes:

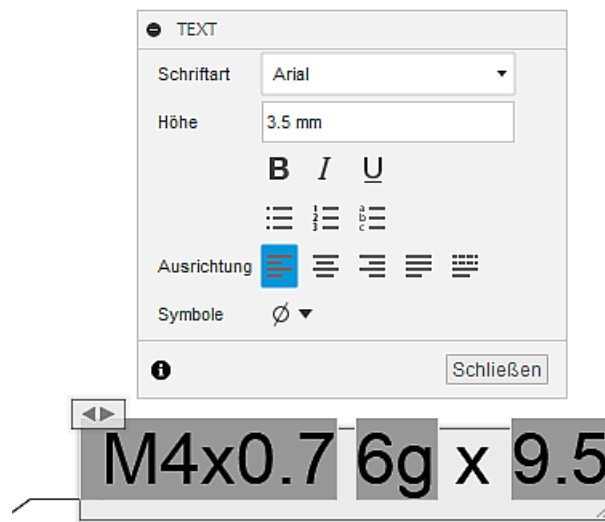
- Die Schaftlänge ist wieder ein normales lineares Maß:



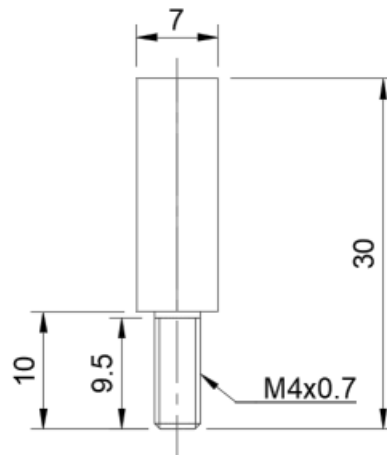
- Der Schaftdurchmesser wird nicht separat bemaßt, sondern ergibt sich aus der Bemaßung des Außengewindes.
- Die erforderlichen Angaben zur Gewindetyp und -größe (**M4**) sowie nutzbarer Gewindelänge (**9,5**) kann man unterschiedlich realisieren.
  - In *Fusion 360* steht für Gewindetyp und -größe nur die Funktion **Zeichnung > Text > Bohrungs-/Gewindeinfo** zur Verfügung:



- Die Pfeilspitze der Gewindeinfo muss auf der äußeren Linie des Gewindes platziert werden (Außengewinde → dicke Volllinie).
- Der Text der Gewindeinfo enthält alle Informationen zum Gewinde und kann nachträglich nach einem Doppelklick noch bearbeitet werden:



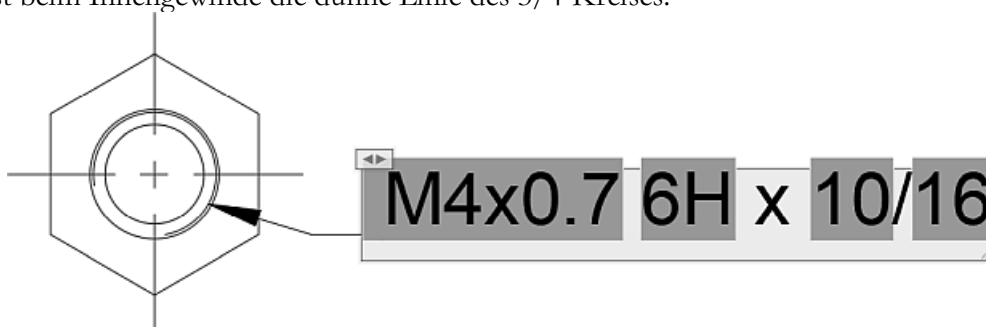
- Die Angabe der Steigung **0,7** und die Gewindeklasse **6g** sind nicht erforderlich, wenn man ein Normgewinde verwendet.
- Im Beispiel ist es übersichtlicher, die Gewindelänge **9,5** als separates Maß zu ergänzen.
- Wir löschen alle nicht benötigten Informationen und korrigieren nachträglich die Position von Gewindeinfo und Außenmaß, damit sich keine Maßlinien kreuzen und ergänzen das Maß der Gewindetiefe:



- **Hinweis:** Leider kann man Informationen, welche sich innerhalb der automatisch generierten Gewindeinfo-Felder befinden, nicht ändern. Trotz Normgewinde müssen wir also die Steigung 0,7 anzeigen.

Als nächstes widmen wir uns der Gewindebohrung:

- Die Bohrungsöffnung ist in der Ansicht von oben sichtbar.
- Die erforderliche Gewindeinfo muss mit der Pfeilspitze ebenfalls an der äußeren Linie des Gewindes platziert werden. Dies ist beim Innengewinde die dünne Linie des 3/4-Kreises:



- **Achtung:** Der Kreis der inneren Fasen-Kante liegt im Beispiel dicht neben der dünnen Linie des Gewindeganges.
- Aus der Gewindeinfo kann der Wert der Gewindeklasse **6H** entfernt werden.
- Anstelle des "x" soll ein Bindestrich "-" vor den Werten von nutzbarer Gewindelänge **10** und Bohrungstiefe **16** verwendet werden:



## Fasen

Als letztes werden die speziell bearbeiteten Kanten bemaßt. In unserem Beispiel betrifft dies die Fasen an den Kreiskanten des Innen- bzw. Außen-Gewindes.

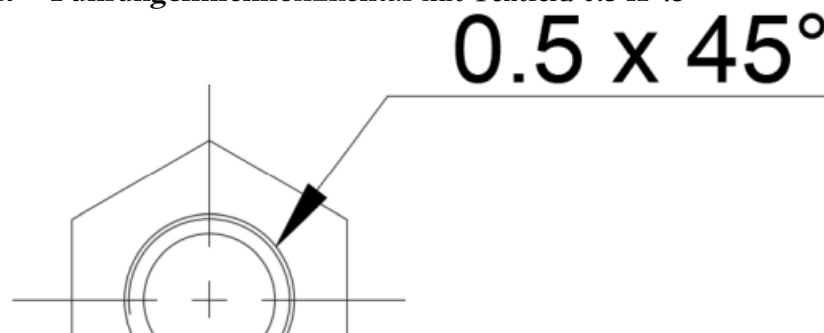
### *Hinweis:*

- Die Bemaßung einer Fase umfasst zwei Werte. Am übersichtlichsten ist eine Fasen-Info in Form
  - Abstand und Winkel, z.B.: **0.5 x 45°** oder
  - Abstand und Abstand, z.B.: **0.5 x 0.5**
- Leider fehlt in **Fusion 360** (noch) die Möglichkeit der Fasen-Info (in Analogie zur Bohrungsinfo)!
- Es existiert auch (noch) keine Möglichkeit, in der Zeichnung z.B. in Textfeldern Bezug auf Modell-Maße zu nehmen.

Die fehlende Fasen-Info kann man auf unterschiedliche Weise umgehen:

1. **"Quick & Dirty" Lösung** (z.B. Führungslinien-Kommentar - Text ohne Bezug zur Modellgröße!):

- In der Ansicht von oben ist die Fase des Innengewindes als Kreis erkennbar.
- *Zeichnung > Text > Führungslinienkommentar* mit Textfeld **0.5 X 45°**

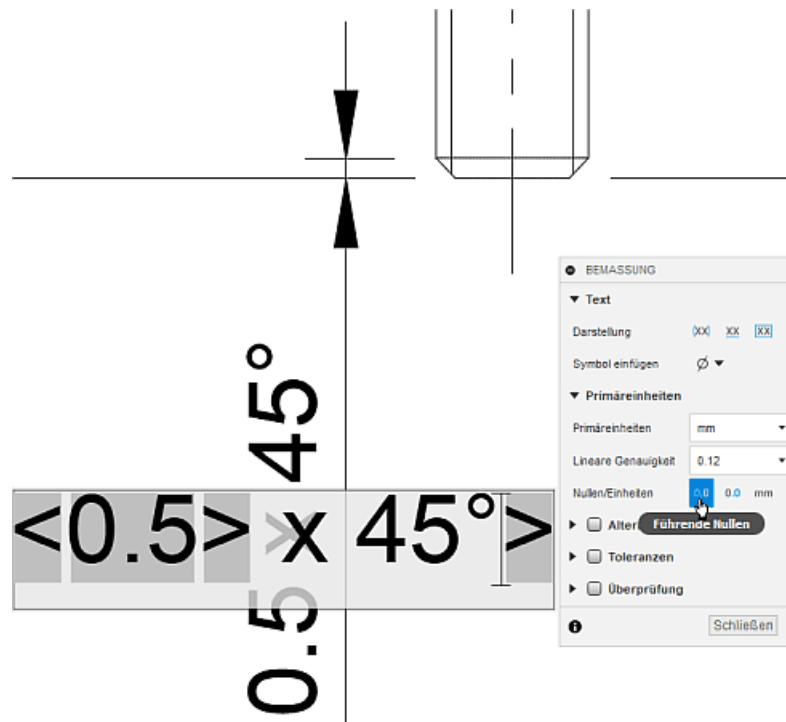


■ **Achtung:**

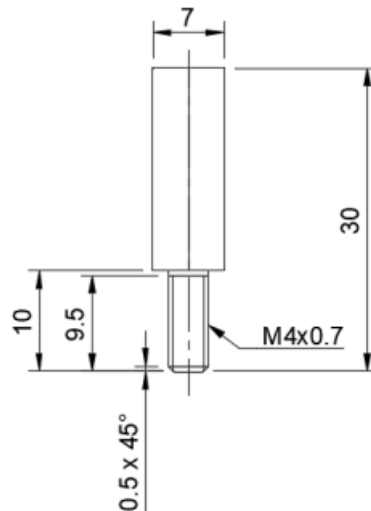
- Eine derart realisierte Fasen-Info sieht perfekt aus.
- Die Zahlenwerte sind jedoch "reiner" Text ohne Bezug zu den wirklichen Abmessungen → nachträgliche Fassen-Änderungen im Modell werden in der Zeichnung nicht aktualisiert!
- Solche "Quick & Dirty"-Lösungen sollten die absolute Ausnahme bleiben (z.B. Zeichnungen für Einzelanfertigung von Versuchsmustern in der Werkstatt).
- Innerhalb von *Fusion 360* können Fasen an Bohrungsrändern zur Zeit nur durch zusätzliche Teilschnitte korrekt bemaßt werden!

2. **Relevantes Maß mit Text-Ergänzung** (z.B. Abstand als Maß und Winkel als Text):

- Im Beispiel werden sich nachträgliche Modelländerungen an der Fase höchstwahrscheinlich nur auf den Abstand und nicht auf den Winkel beziehen.
- Dies soll an der Fase des Außengewindes demonstriert werden:



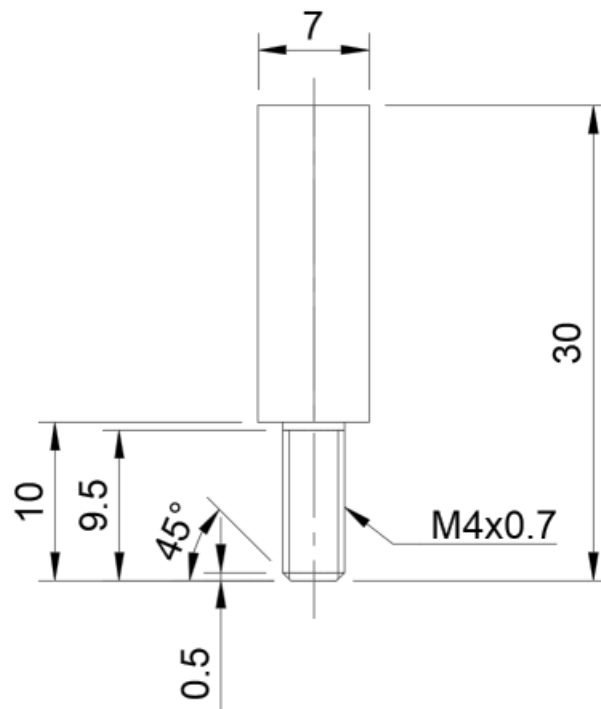
- Nach Korrektur der Positionen der bereits vorhandenen Bemaßung ergibt sich damit eine akzeptable Form der Fasen-Bemaßung:



- Bei Änderung des Fasen-Abstands im CAD-Modell erfolgt eine automatische Aktualisierung dieses Wertes in dieser Fassen-Bemaßung.

### 3. Zwei unabhängige Maße:

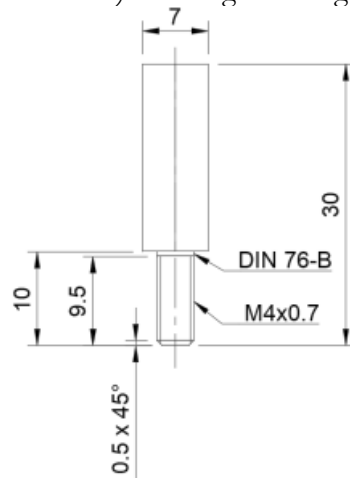
- Damit wird jede Fassen-Änderung im CAD-Modell automatisch in die Zeichnung übernommen (die "saubere" Lösung!).
- Allerdings ist es oft schwierig, beide Maße in einer Ansicht zu erzeugen (z.B. Fassen-Winkel in der Ansicht von oben?). Hier müsste man mit zusätzlichen Teilschnitten arbeiten.
- Infolge einer Aufsplittung in zwei Maße leidet die Übersichtlichkeit.
- Aus Zeitgründen verzichten wir innerhalb der Übung auf diese Art der Fassen-Bemaßung.
- Am Beispiel der Fasse am Außengewinde ergebe sich folgendes Bild:



## Freistiche

Die Innenkante am Schaft ist als **Gewinde-Freistich** gestaltet, wurde im CAD-Modell jedoch nicht modelliert:

- Die Geometrie von Gewinde-Freistichen wird durch mehrere Maße beschrieben (Siehe [1] S.4.9).
- In der Zeichnung genügt die vereinfachte Bemaßung als Führungslinienkommentar mit Verweis auf die Norm **DIN 76** (Gewindeausläufe und Gewindefreistiche) mit Angabe der gewählten Form (hier Form **B**):



[1] Schirmer, J.; Lienig, J.; Bönisch, I.; Reifegerste, F.: **Technisches Darstellen**.

Studienliteratur Elektrotechnik-Mechatronik-Regenerative Energiesysteme. Dresden: Verlag Initial.

# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Schriftfeld

Aus OptiYummy

↑

← →  
Schriftfeld

Inhaltsverzeichnis	
■	1 Funktionsweise von Schriftfeldern
■	2 Allgmeintoleranzen
■	3 Oberflaechenangaben
■	4 Fazit

## Funktionsweise von Schriftfeldern

Ein Schriftfeld enthält technische Informationen zum abgebildeten Bauteil (z.B. Werkstoff, Masse) und Verwaltungsinformationen (z.B. Firma, Bearbeiter, Benennung, Zeichnungsnummer):

Verwendungszweck		Zul. Abw.	Oberfläche	Maßstab 2:1	Masse 0,002 kg
				Werkstoff, Halbzeug Aluminium 6061	
		Datum	Name	Benennung	
		09.05.202#	Alfred Kamusella	Distanzstueck	
		Kontrolliert			
		Herrn			
		TU Dresden		Zeichnungsnummer	Blatt
				GE-202#	
Status	Änderungen	Datum	Name		

Vorhandene Informationen sollen möglichst automatisiert in die Schriftfeldern der technischen Zeichnungen eingetragen werden:

- spart Zeit (Geld!) durch Vermeidung redundanter Informationseingabe;
- verringert das Risiko menschlicher Fehleingaben;
- ermöglicht die automatische Aktualisierung bei Änderungskonstruktionen.

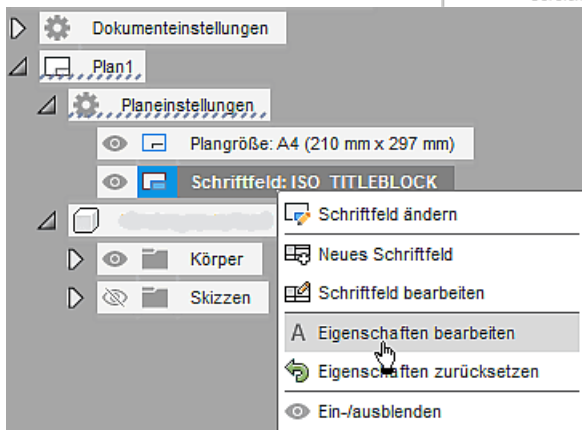
Obiges Bild zeigt ein mit dem CAD-Programm *Autodesk Inventor Professional* individuell gestaltetes Schriftfeld. Dessen Felder wurden zu einem großen Teil automatisch mit den Informationen aus dem abgebildeten CAD-Modell gefüllt. Von diesen Möglichkeiten ist die Schriftfeld-Funktionalität von *Fusion 360* noch sehr weit entfernt:

Dept.	Technical reference	Created by <b>Alfred Kamusella</b> 15.03.2022	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title <b>Einführungsbeispiel</b>	DWG No.		
			Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

- Automatisch eingetragen werden nur der Name des Bearbeiters mit dem Erstelldatum der Konstruktionsdatei sowie der Bezeichner der Konstruktionsdatei.
- Vergleicht man dies mit den Informationen in den Eigenschaften des CAD-Modells, so hätte man zumindest in

den Schriftfeld-Zellen "DWG No." und "Document status" noch die Einträge für die Bauteilnummer "GE-202#" und den Status "Working" erwartet:

EIGENSCHAFTEN	
Komponente Einführungsbispiel v13	
Allgemein	
Bauteilnummer	GE-202#
Bauteilname	Einführungsbispiel v13
Beschreibung	Distanzstueck
Materialname	Aluminium 6061
Verwalten	
Artikelnummer	
Lebenszyklus	
Revision	
Status	Working
Änderungsauftrag	
Physikalisch	
Mass	2.223 g
Volumen	823.387 mm <sup>3</sup>
Dichte	0.003 g / mm <sup>3</sup>
Bereich	854.894 mm <sup>2</sup>



- Unklar ist auch, weshalb in dem bereitgestellten Standardschriftfeld keine Zellen für die vorhandenen Informationen für "Material" und "Masse" vorgesehen sind.

Im Rahmen dieser Übung werden wir aus Zeitgründen kein neues Schriftfeld gestalten. Es soll jedoch gezeigt werden, wie Schriftfelder in CAD-Programmen funktionieren. Dazu werfen wir zuerst einen Blick auf den "versteckten" Inhalt des Standard-Schriftfeldes:

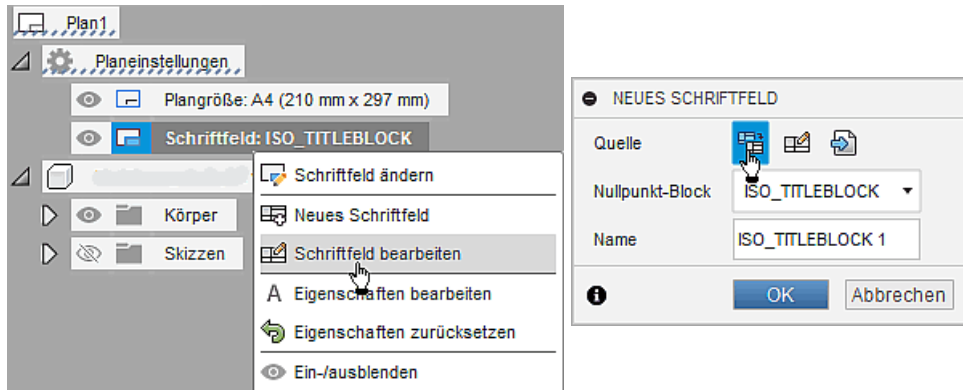
- "Attribute" sind globale Variablen, welche man für die Überführung von Informationen zwischen den verschiedenen Arbeitsbereichen einer Konstruktion verwendet.
- Nach Doppelklick auf das zuvor gewählte Schriftfeld (oder über das Kontextmenü des Schriftfelds im Browser) kann man auf die Werte der eingetragenen Attribute zugreifen:

Dept. DEPT	Technical reference TECHNICAL_REFERENCE	Created by Alfred Kamusella 15.03.2022	Approved by APPROVED_BY APPROVED_DATE
		Document type DOCUMENT_TYPE	Document status DOCUMENT_STATUS
		Title Einführungsbispiel TITLE_2 TITLE_3	DWG No. DRAWING_NUMBER
		Rev. REV	Date of Issue DATE_OF_ISSUE
		Sheet 1/1	

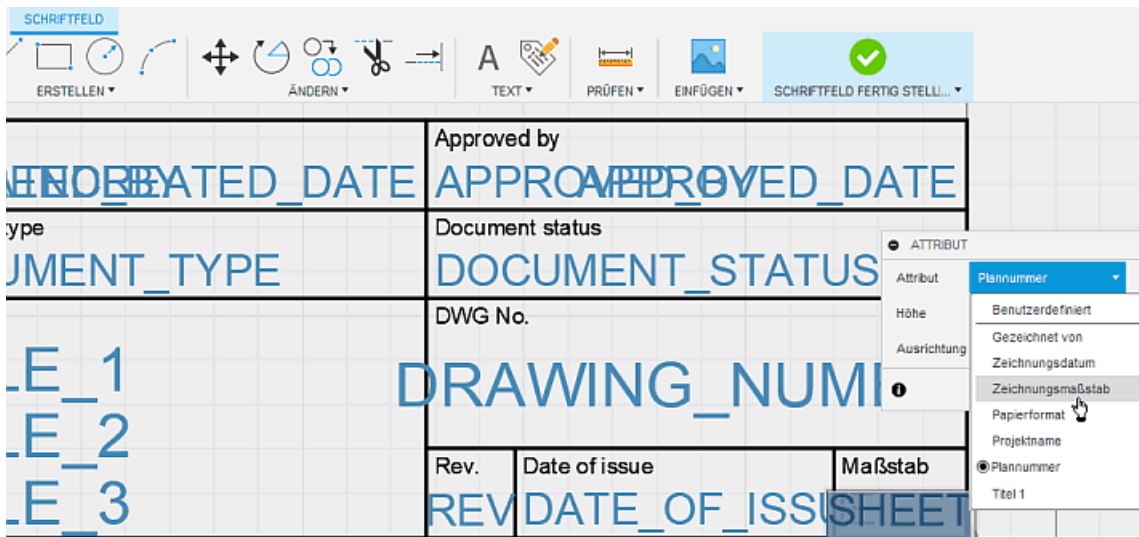
- Die Farbe eines Attributs gibt an, ob der Wert im Schriftfeld eingetragen ist:
  - Dunkelblaue Attribute sind mit einem Wert ausgefüllt.
  - Hellblaue Attribute sind noch nicht mit einem Wert gefüllt und werden nur als Platzhalter angezeigt.
- Alle Attribut-Werte kann man hier manuell eingeben bzw. ändern, die aktualisierten Inhalte stehen nur innerhalb dieses Schriftfeldes zur Verfügung.
- Wir tragen den Wert der Zeichnungsnummer "GE-202#" ein, obwohl dieser eigentlich bereits existiert (augenscheinlich werden hierfür unterschiedliche Attribute in der Konstruktion und der Zeichnung verwendet!).

Im Standard-Schriftfeld kann man nur Werte vorhandener Attribute bearbeiten. Um neue Attribute oder andere Schriftfeld-Elemente hinzuzufügen, muss man ein Schriftfeld bearbeiten:

- Soll das aktuelle Schriftfeld modifiziert werden, muss man eine Kopie dieses Schriftfeldes unter neuem Namen erzeugen:



- Zur Demonstration soll die Zelle mit der Blatt-Nummer den Zeichnungsmaßstab aufnehmen:
  - Den normalen Beschriftungstext kann man einfach Editieren (Sheet → Maßstab).
  - Nach Doppelklick auf das Sheet-Attribut kann man dieses durch das Maßstab-Attribut ersetzen:



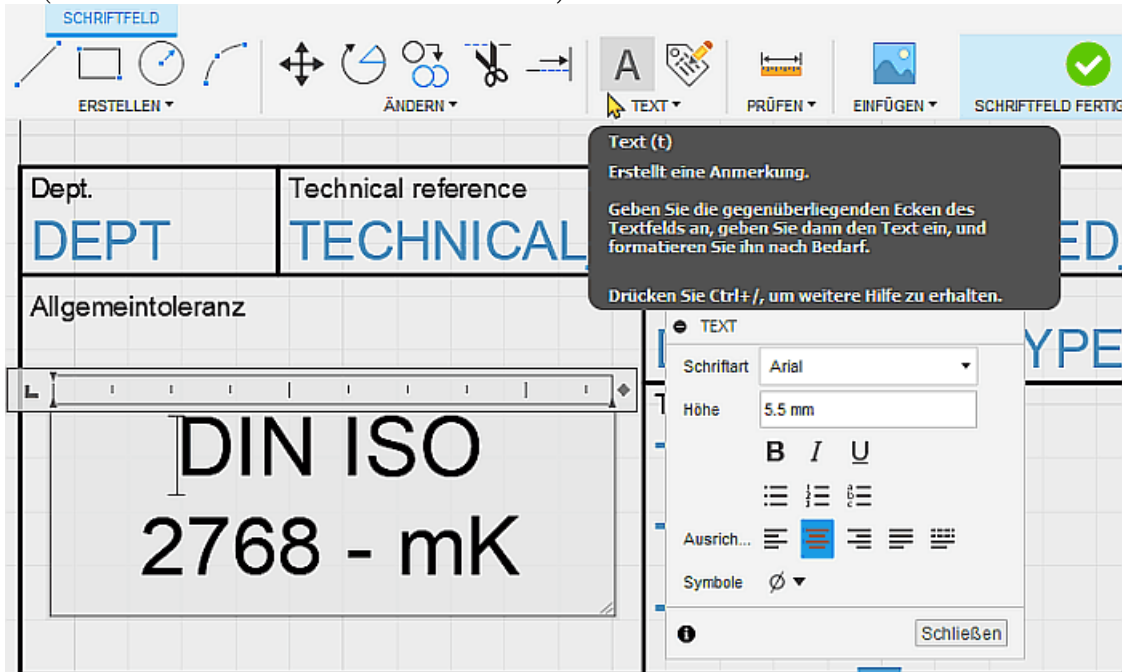
- Die im Original-Schriftfeld manuell eingetragene Zeichnungsnummer "GE-202#" wird beim Erzeugen der Schriftfeld-Kopie nicht mit übernommen und muss deshalb erneut eingetragen werden.
- Das bearbeitete Schriftfeld wird standardmäßig als aktuelles Schriftfeld in der Zeichnung dargestellt:

Dept.	Technical reference	Created by <b>Alfred Kamusella 15.03.2022</b>	Approved by
		Document type	Document status
		Title <b>Einführungsbeispiel</b>	DWG No. <b>GE-202#</b>
		Rev.	Date of issue
			Maßstab <b>2:1</b>

## Allgemeintoleranzen

Die Angabe der Allgemeintoleranzen ist unbedingt erforderlich:

- Die zulässige Abweichung nach **DIN ISO 2768 - mK** ergänzen wir als **Text** in der großen, freien Zelle des Schriftfeldes (**Kontextmenü > Schriftfeld bearbeiten**):



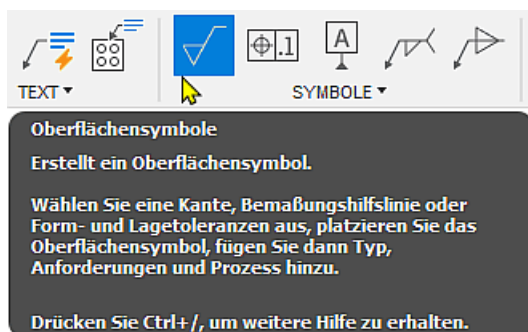
- Die Beschriftung der Zelle (links oben) auf Basis einer Kopie (<Strg-C> und <Strg-V> z.B. von "Dept.") gewährleistet die richtige Formatierung.
- Für die eigentliche Text-Information **DIN ISO 2768 - mK** ziehen wir für den **Text** mit dem Cursor einen passenden Rahmen über das Feld (Position ist nachträglich korrigierbar).
- Den Text platzieren wir darin zentriert in horizontaler Richtung.

Bei dieser Gelegenheit können wir auch noch einige ergänzende Informationen eintragen (**TUD / Lehre / Bauteilname "Distanzstück"** als Title\_2):

- Das Eintragen dieser Werte in die entsprechenden Attribute ist kein Problem.
- Achtung:** Bei jedem "**Bearbeiten des Schriftfelds**" werden alle manuell eingetragenen Werte für Attribute "vergessen" → Zeichnungs-Nr. "**GE-202#**" erneut eintragen!

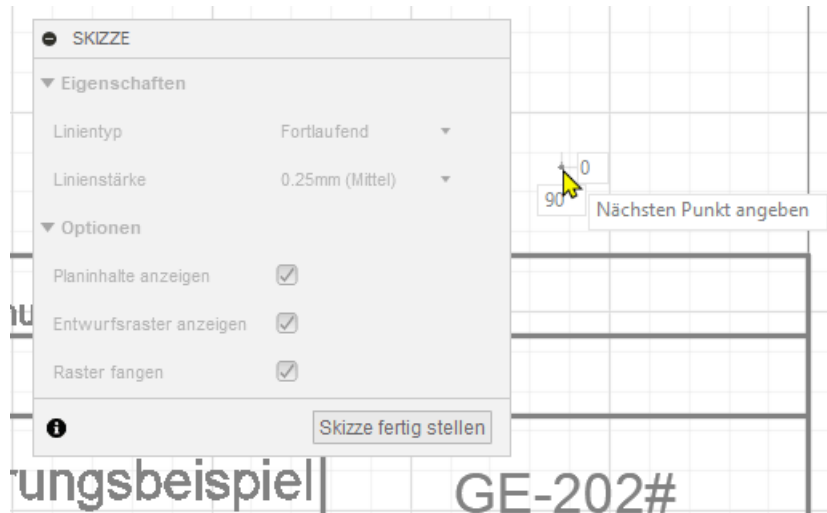
Dept. TUD	Technical reference Lehre	Created by Alfred Kamusella 15.03.2022	Approved by
Allgemeintoleranz  DIN ISO 2768 - mK		Document type Title Einführungsbeispiel Distanzstück	Document status DWG No. GE-202#
		Rev.	Date of issue
		Maßstab 2:1	

## Oberflächenangaben

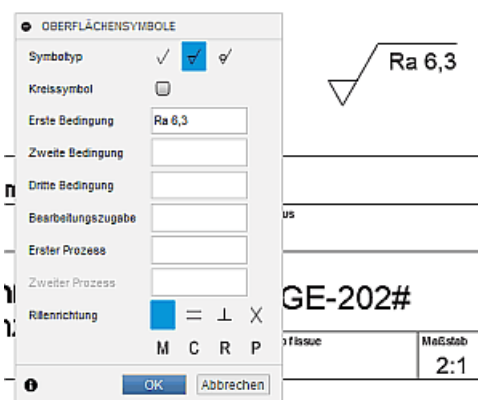


Abschließend in dieser Übung noch die mittlere Oberflächenrauigkeit für Trennen von **6,3 µm** (**Zeichnung > Symbole > Oberflächensymbole**):

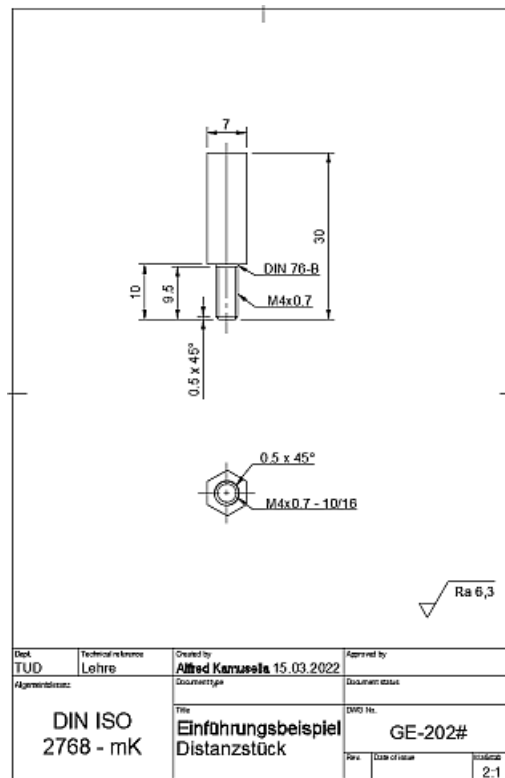
- Das Symbol für die Oberflächenbeschaffenheit kann oberhalb des Schriftfeldes platziert werden, wenn keine passende Schriftfeld-Zelle existiert.
- Leider wurde in *Fusion 360* keine Möglichkeit gefunden, direkte allgemeine Oberflächen-Angaben unabhängig von konkreten Objekten der Zeichnungsansicht z.B. oberhalb des Schriftfeldes zu platzieren → hierfür muss also wieder "getrickt" werden!
- **Zeichnung > Erstellen > Skizze erstellen** ermöglicht die Erstellung eines "Hilfsobjektes" an einer Position oberhalb des Schriftfeldes, wo das Oberflächensymbol platziert werden soll:
  - Dieses "Hilfsobjekt" sollte möglichst "unsichtbar" sein (z.B. "Punktförmig" oder "weiße Objektfarbe"). Leider gibt es weder Punkte noch einfache Farbänderung von Skizzenobjekten.
  - Mit aktivem Rasterfang kann man nach Platzieren des Startpunktes eine Linie mit der Länge Null erzeugen (praktisch ein "Punkt"):



- Nach dem Fertigstellen der Skizze kann man das Oberflächensymbol auf diesem Punkt platzieren und entsprechend konfigurieren:



Damit ist die Einzelteil-Zeichnung im Rahmen dieser Übung vollendet:



## Fazit

Wie bereits bei der Bemäßung zeigen sich auch in den Gestaltungsmöglichkeiten für das Schriftfeld (noch) wesentliche funktionelle Mängel in *Fusion 360*, welche auch hier zu "Tricksereien" zwingen:

- Wenn man die Probleme und das Prinzip der Schriftfeld-Funktionalität erkannt hat, sollte man eigene **Zeichnungsvorlagen** erstellen und verwenden. Diese führen dann mit verringertem Aufwand zu den erforderlichen Schriftfeld-Inhalten.
- Eine sogenannte **Manage Extension** ermöglicht gegen Bezahlung die Verwendung weiterer Verwaltungsattribute im Schriftfeld (Leider nicht für die Bildungsversion von *Fusion 360*) - Siehe auch **Attribut - Referenz**.

# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Basisbauteil

Aus OptiYummy

↑

← →

## Fixiertes Basisbauteil (Stammkomponente)

Das **Distanzstück** ist so dimensioniert, dass man mehrere Distanzstücke miteinander verschrauben kann. Als Baugruppe entsteht dann eine **Distanzsäule**, mit der man auch größere Distanzen überbrücken kann:

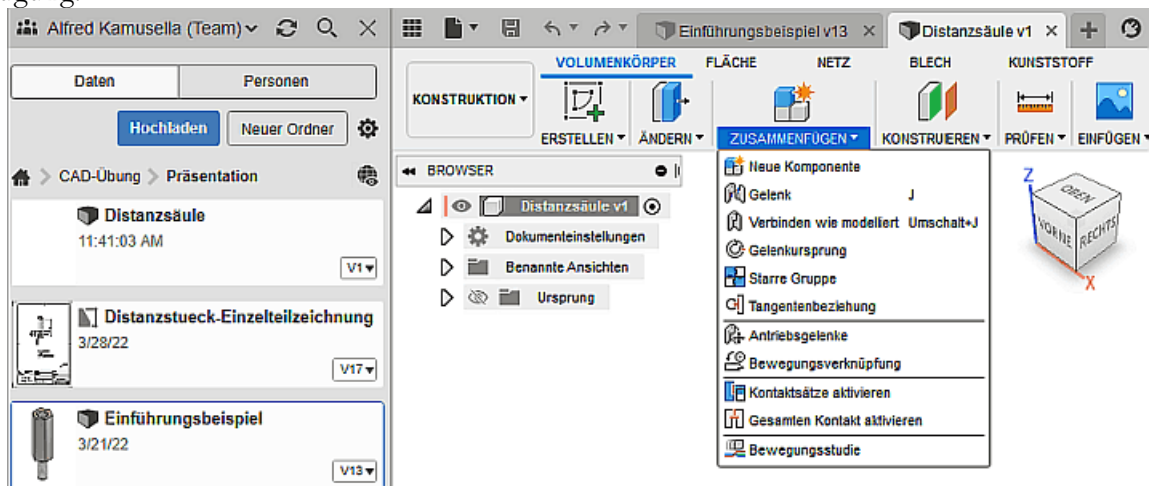
- Im Rahmen dieser Übung sollen die grundlegenden Prinzipien für den Zusammenbau von Einzelteilen zum CAD-Modell einer Baugruppe verdeutlicht werden.
- In Hinblick auf die technische Zeichnung wird die Gewinnung typischer Baugruppen-Darstellungen aus dem CAD-Modell der Baugruppe demonstriert.

### Beachte:

- Im Prinzip wäre es möglich, die vorhandene Konstruktionsdatei des Einzelteils zu einer Baugruppe zu erweitern, indem man den Typ der Datei in den Dokumenteneinstellungen ändert und weitere Körper hinzufügt. Diesen Weg sollte man jedoch nur für einfachste Baugruppen im Sinne von "Verbundbauteilen" aus unterschiedlichen Materialien oder erste Entwurfskonstruktionen gehen (z.B. "**Gummipuffer zwischen zwei Metallscheiben**").
- Im Sinne der Produktdaten-Verwaltung ist es meist erforderlich, für jeden Zusammenbau (Produkt, Baugruppe, Unterbaugruppe) separate Konstruktionsdateien zu verwenden.
- Dies ist auch günstiger für die Wiederverwendung von Einzelteilen in unterschiedlichen Baugruppen.

Wir beginnen deshalb mit einer neuen Konstruktionsdatei vom Typ "Baugruppenkonstruktion", welche den "Montage-Arbeitsplatz" repräsentiert:

- Beim Speichern benennen wir diese Datei mit der Baugruppen-Bezeichnung "**Distanzsäule**".
- Das Ursprung-Koordinatensystem bildet darin die Basis für die Ausrichtung des Zusammenbaus im Raum.
- Es steht eine umfangreiche Palette von Funktionen für das **Einfügen** von Komponenten zu einer Baugruppe zur Verfügung:



### Wichtig:

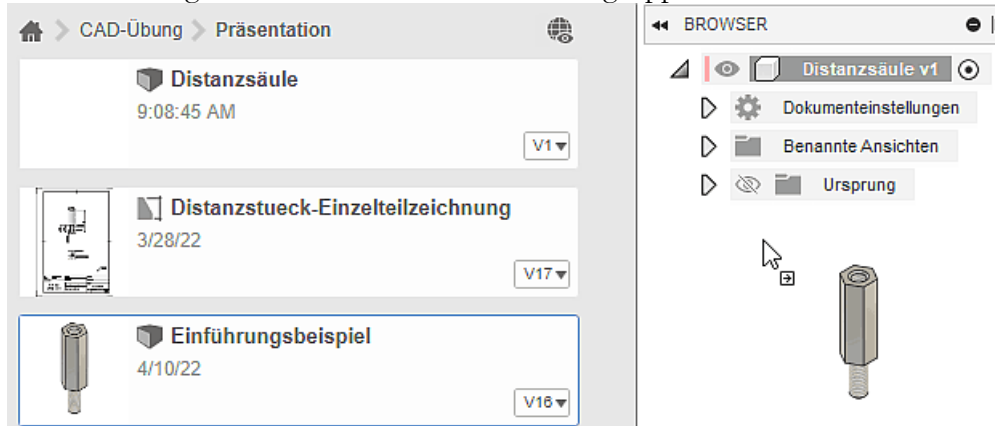
- Auch beim Zusammenbau der Teile zu einer Baugruppe sollte man grundsätzlich fertigungsorientiert vorgehen!
- Man muss also überlegen, in welcher Reihenfolge die Bauteile in der Realität zu montieren sind.

Meist kann man ein Bauteil einer Baugruppe als sogenanntes Basisbauteil identifizieren:

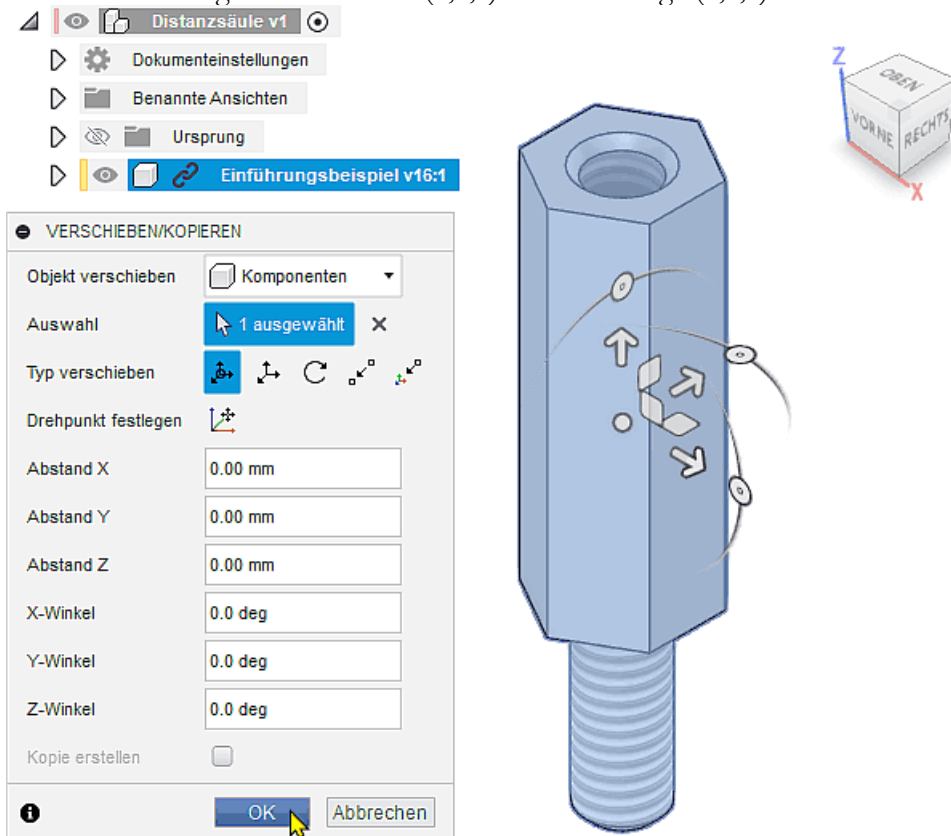
- Das sollte das Bauteil sein, welches man sich zur Montage zuerst auf den Montage-Arbeitsplatz legt, um daran andere Bauteile zu befestigen.
- Dabei handelt es sich um das **Chassis** im weitesten Sinne (Gestell, Grundplatte, tragender Rahmen).

In unserem Beispiel würde man zuerst ein Distanzstück auf dem Montage-Arbeitsplatz legen. Getrennt durch eine Feder-Scheibe wird dann ein weiteres Distanzstück daran verschraubt. Für das Einfügen von Komponenten aus einem Projektordner stehen verschiedene Methoden zur Verfügung:

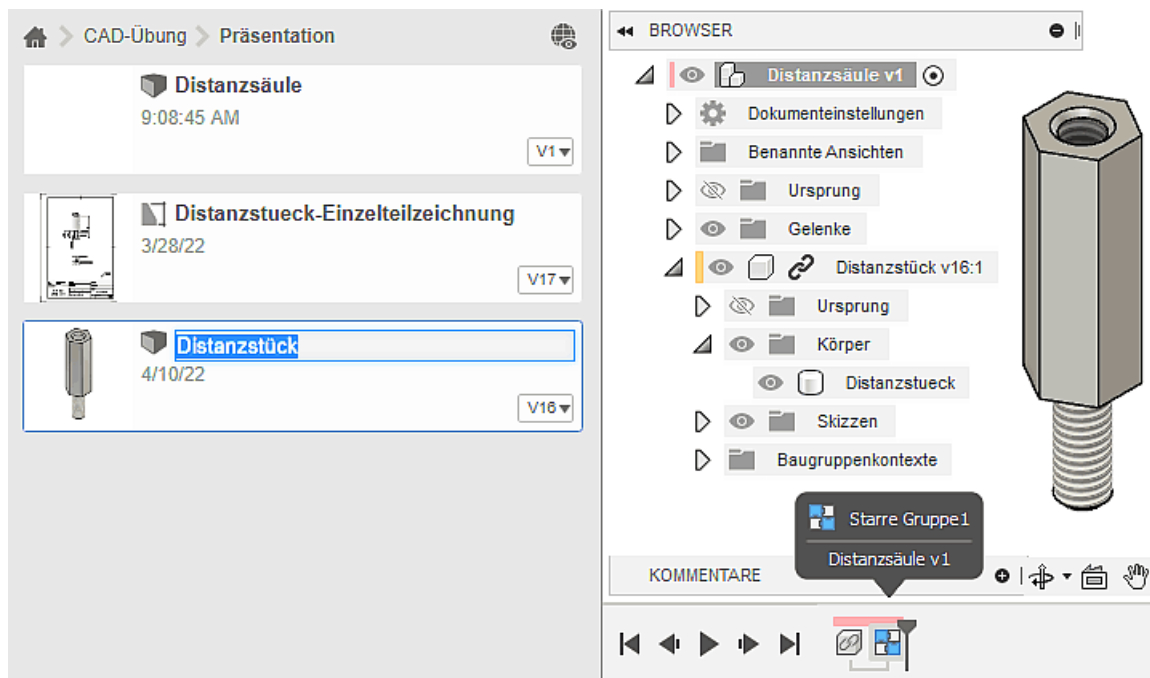
- Am intuitivsten funktioniert das per **Drag & Drop**, indem man mit dem Cursor die benötigte Komponente aus dem Datenbereich in den grafischen Arbeitsbereich der Baugruppe zieht:



- Die erste eingefügte Komponente ("**Stammkomponente**" = Basisbauteil) wird direkt am Koordinaten-Ursprung platziert → aktuelle Lage mit Position=(0,0,0) und Drehung=(0,0,0):



- Nach dem Quittieren dieser aktuellen Null-Lage ist diese jedoch noch nicht fixiert und könnte deshalb jederzeit z.B. durch Ziehen mit dem Cursor auch unbeabsichtigt verändert werden.
- Mit der Funktion **Beziehungen > Starre Gruppe** kann man dieses erste Bauteil in der Baugruppe am Ursprung "fixieren":



- In der Zeitleiste erscheint das Symbol der "Starren Gruppe" und das Bauteil kann mit dem Cursor nun nicht mehr verschoben werden.
- **Hinweis:** Die Bezeichnung "**Einführungsbeispiel**" für die Konstruktionsdatei des Bauteils wurde ungünstig gewählt, weil dieser Name auch in der Baugruppe verwendet wird und darin nicht geändert werden kann. Deshalb sollte man die Bauteildatei nachträglich in "**Distanzstück**" umbenennen.

Bevor wir das zweite Distanzstück in unseren Zusammenbau platzieren, beschäftigen wir uns im nächsten Schritt mit der Verwendung von Normteilen.

← →

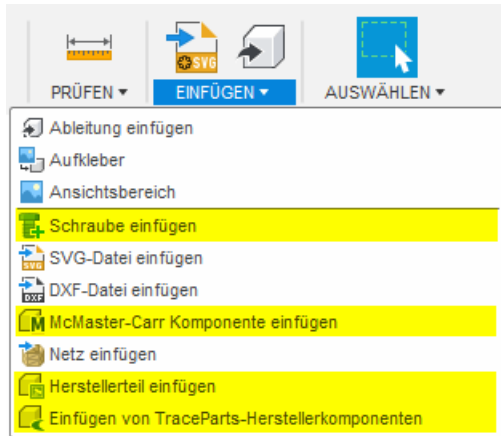
# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Normteile

Aus OptiYummy

↑

← →

## Verwendung von Normteilen



Ein wesentlicher Rationalisierungsaspekt von CAD-Systemen ist die Wiederverwendung bereits vorhandener CAD-Modelle:

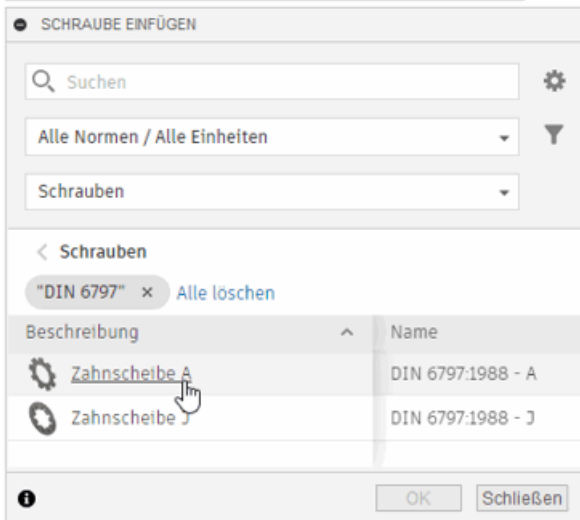
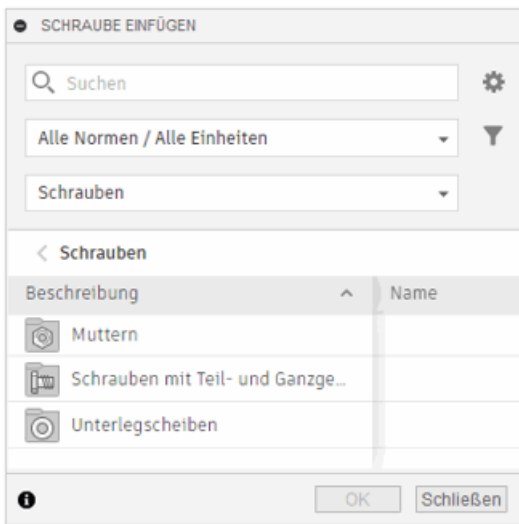
1. **Normteile** (z.B. Verbindungselemente, Wellenteile) - dafür liefern die CAD-Systemhersteller meist selbst die CAD-Modelle in Normteil-Bibliotheken.
2. **Zulieferteile** - für diese werden von den Herstellern in ihren Katalogen CAD-Modelle für unterschiedlichste CAD-Systeme bereitstellt. Auch Normteile können Zulieferteile sein.

Bei der *hybriden Konstruktion* ermöglicht **Volumenkörper > Einfügen > ...** in *Fusion* den Zugriff auf Millionen von Norm- und Zulieferteilen hunderter Hersteller.

Die von uns genutzte *Baugruppenkonstruktion* hat in der aktuellen Programmversion über **Einfügen > ...** nur Zugriff auf die Schrauben und McMaster-Carr, die wir im Folgenden auch verwenden wollen.

Die aktuelle Version von *Fusion* bietet Zugriff auf eine noch eher kleine Normteiledatenbank unter dem Begriff "Schrauben", die in Zukunft sicher noch ausgebaut wird. Diese wird zur Information kurz vorgestellt. Die eigentliche Übungsanleitung geht im Abschnitt **Zulieferteile** weiter.

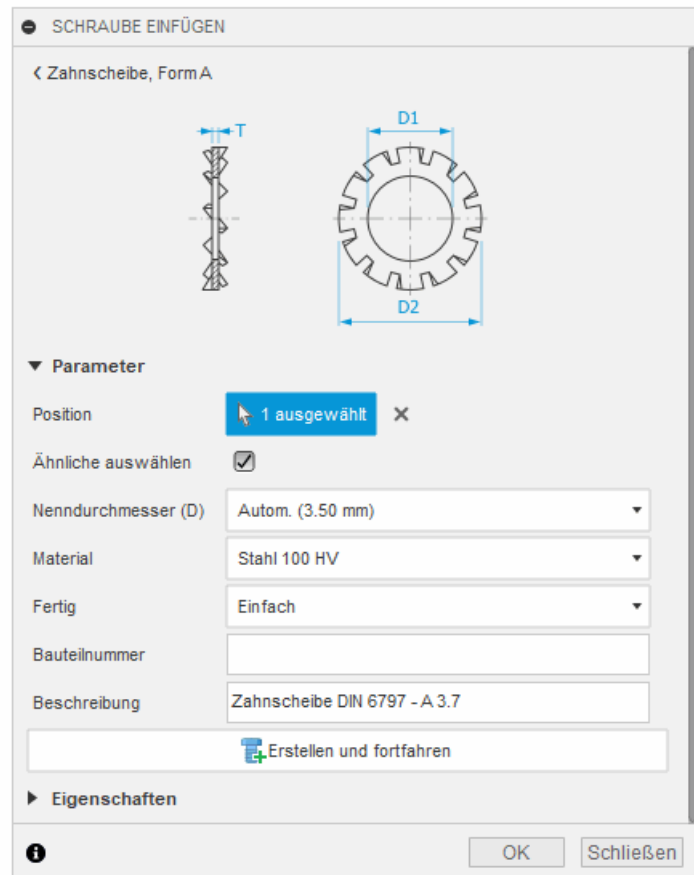
## Normteiledatenbank



**Da die Funktion in Fusion noch neu und unvollständig ist, dient dieser Abschnitt vorerst nur zur Information. Die Zahnscheibe soll wie unten beschrieben über McMaster eingefügt werden!**

Die meisten CAD-Programme stellen interne Datenbanken für genormte Teile bereit. Das Ergebnis ist für den Nutzer am Ende sehr ähnlich zu den unten vorgestellten Downloadportalen. Ein großer Vorteil besteht aber darin, dass die Dateien nicht als 3D-Datensatz gespeichert werden müssen. Normteile werden oft nur über wenige Parameter (z.B. Schraubennorm, Gewindegröße und Länge) definiert. Diese Informationen werden in Tabellen gespeichert und daraus bei Bedarf dann automatisch die entsprechenden 3D-Modelle erzeugt. Somit muss man nur die Dateien abspeichern, die auch tatsächlich genutzt werden.

- **Schraube einfügen** öffnet die Fusion interne Normteiledatenbank, die mehr als nur Schrauben enthält.
- Man kann entweder durch Kategorien navigieren oder schnell über die Suche die benötigte Zahnscheibe nach "DIN 6797" finden.
- Nach Auswahl der Zahnscheibe A mit Zähnen am Außenrand öffnet sich ein Dialog zur Konfiguration des Bauteils.
- Diese Einstellungen werden automatisch aktualisiert, wenn man das Bauteil im 3D-Bereich an einer geeigneten Geometrie (Gewinde) platziert:



- Aktuell wird dabei noch die falsche Bauteilgröße (3.5) erstellt. Der Nenndurchmesser lässt sich aber im Dialog auf 4.00 mm anpassen.
- Die Baugruppenverbindungen werden in diesem Fall automatisch erzeugt.
- Wie man sieht, ist die erzeugte Geometrie weniger detailliert als das unten genutzte McMaster-Modell. Für die meisten Anwendungen ist das kein Problem, solange man sich dem Unterschied zwischen Modell und Realität bewusst ist.
- Die aus der internen Datenbank bezogenen Normteile tauchen in einem eigenen Ordner neben den normalen Komponenten auf:

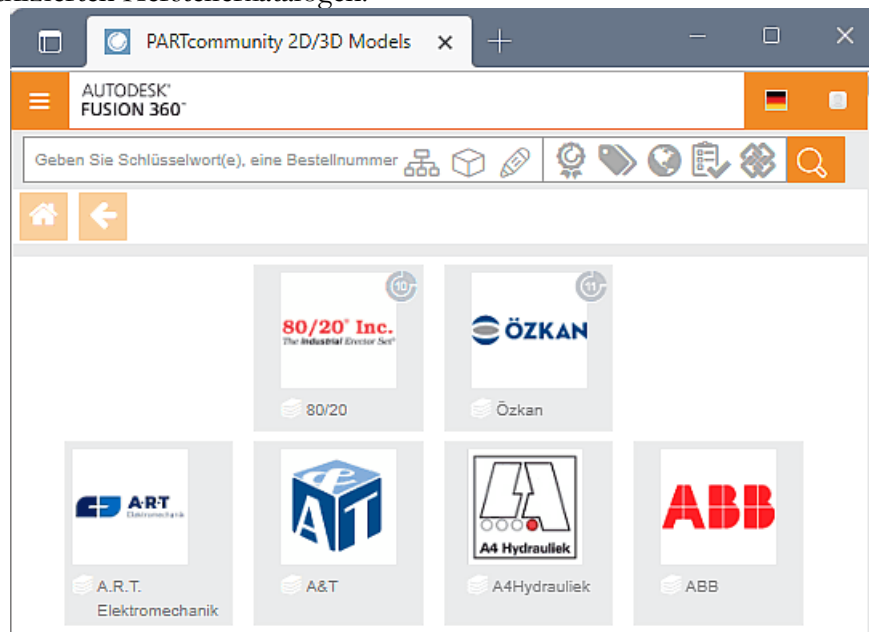


- Aktuell ist diese Funktion wegen des eingeschränkten Umfangs der Normteiledatenbank etwas verwirrend, da sich die Normteile auf den Ordner "Schrauben" und die normale Komponentenliste verteilen. Sobald mehr Normteile verfügbar sind, wäre dieses Vorgehen sinnvoll.

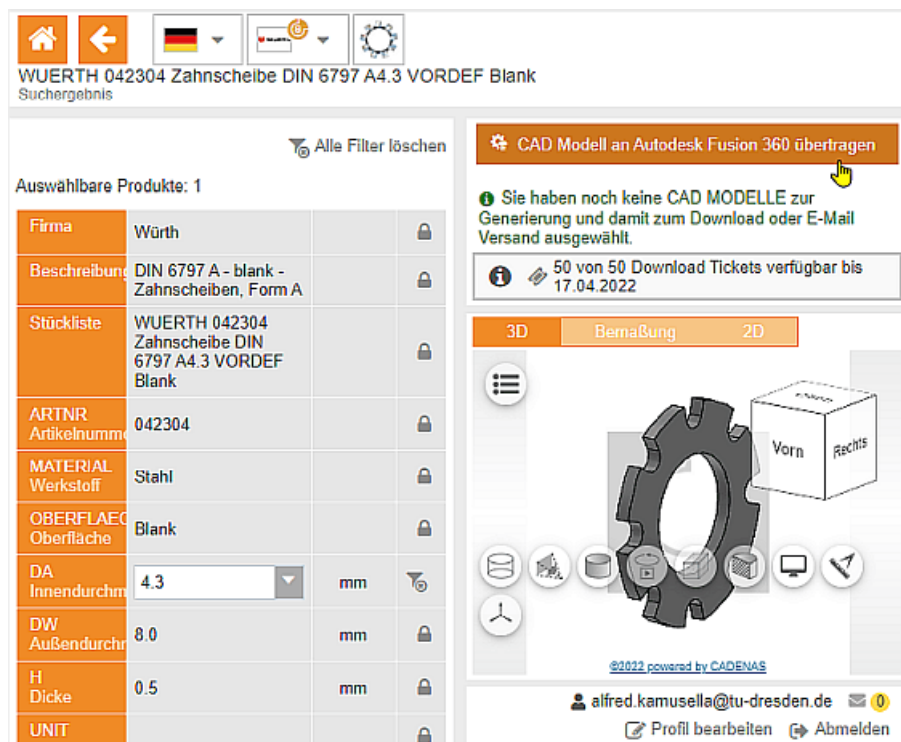
## Zulieferteile

Bevor wir den Zusammenbau fortführen, sollen alle drei eingebundenen Web-Portale kurz vorgestellt werden:

- **Herstellerteil einfügen** führt zum PARTcommunity-Portal <https://autodesk-fusion.partcommunity.com/3d-cad-models/> im Standard-Browser des Computers.
  - Mit der Funktionalität "parts4cad" ermöglicht *Fusion* dort den Zugriff auf Millionen von CAD-Modellen aus über 400 zertifizierten Herstellerkatalogen:

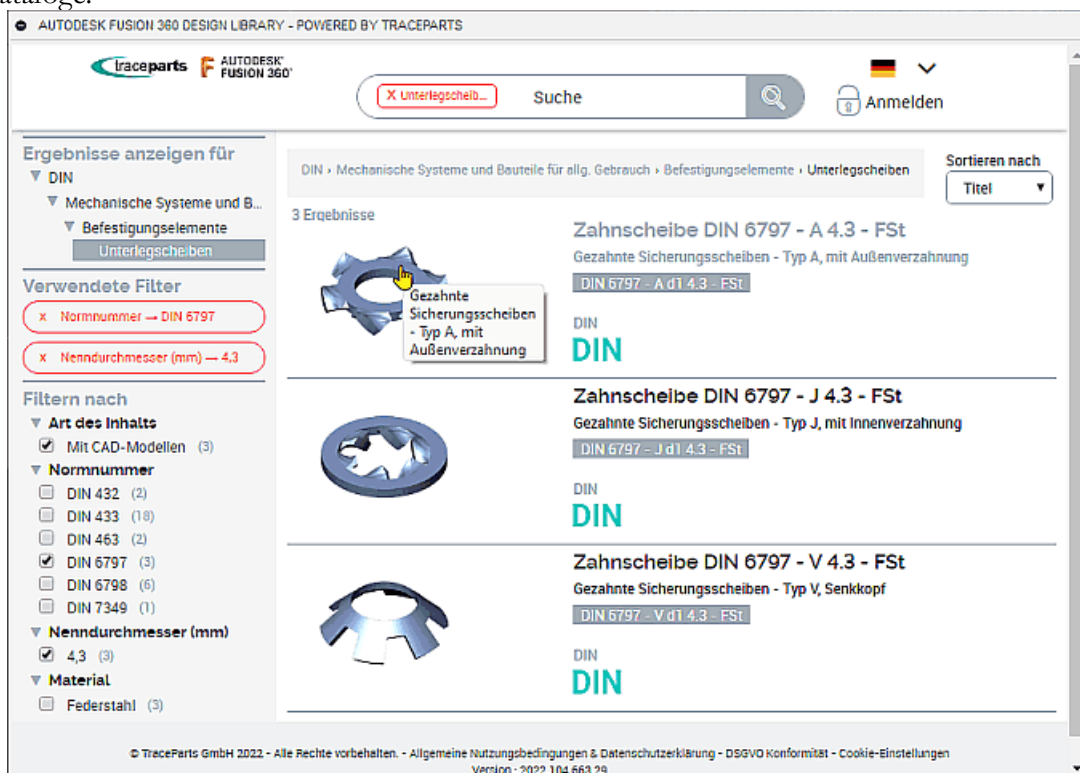


- **Beachte:** Für das Übertragen der ausgewählten CAD-Modelle zum *Fusion 360* benötigt man ein **PARTcommunity-Konto** und man muss während des Übertragungsprozesses dem Öffnen der "NLauncher Application" zustimmen:



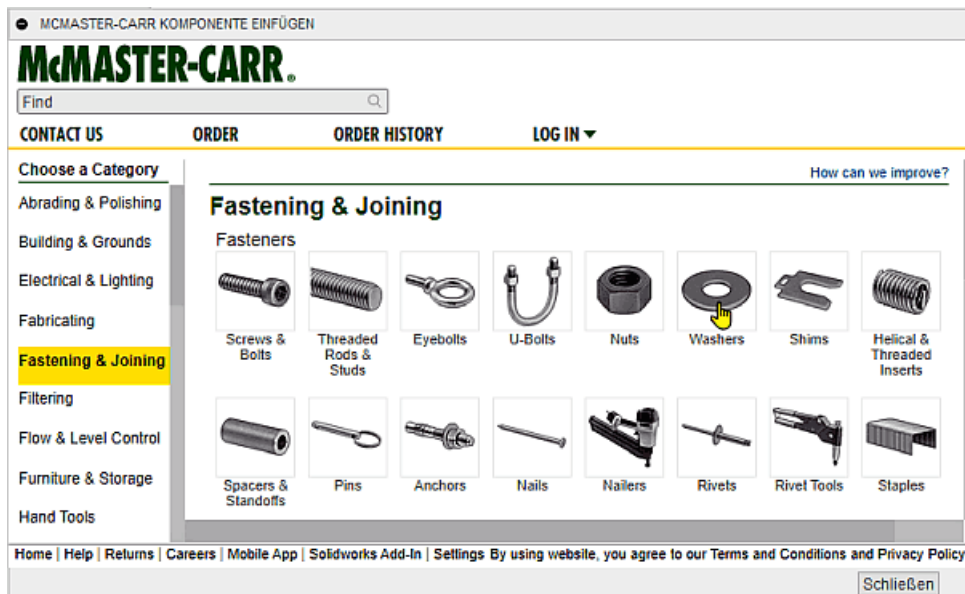
- Die Übertragung des CAD-Modell erfolgt im STEP-Format. Pro Tag sind maximal 50 Downloads zulässig, was praktisch keine Einschränkung darstellt.

- Einfügen von TraceParts-Herstellerkomponenten** bietet ebenfalls den Zugriff auf hunderte Herstellerkataloge:



- TraceParts** ist einer der weltweit führenden Anbieter von CAD-Modellen für den Maschinenbau.
- Beachte:** Bevor man von dort kostenlos CAD-Modelle laden kann, benötigt man ein **TraceParts-Konto!**
- Hinweise zur Nutzung** - Bei der Erstellung dieser Anleitung gab es einige Probleme beim Einfügen eines CAD-Modells, welche mit anderen Monitor-Auflösungen und Grafikkarten nicht auftreten müssen:
  - Das sich in *Fusion 360* öffnende Browser-Fenster war anscheinend falsch skaliert. Da die Auswahlliste für das CAD-Format "unsichtbar" unterhalb des Dialog-Rahmens platziert war, konnte kein CAD-Modell geladen werden.
  - Nur mit Firefox gelang über <https://www.traceparts.com/de> → "Zur Katalogübersicht" die erforderliche Auswahl des CAD-Formates vor dem Download.

- Es wurde keine Möglichkeit gefunden, die CAD-Modelle per **Drag & Drop** aus dem Web-Browser direkt in die Fusion-Baugruppe zu ziehen. Der Download vom TraceParts-Portal erfolgt verpackt in einer ZIP-Datei. Nach Entpacken in einen lokalen Ordner muss man die CAD-Dateien zeitaufwändig in den Projekt-Ordner der Fusion-Cloud laden. Erst danach ist das Einfügen in die Baugruppe möglich.
- **McMaster-Carr Komponente einfügen** führt zum Produktkatalog eines der größten Zulieferer für Industrie-Komponenten:



- Dieser Katalog ist unmittelbar in die Fusion-Oberfläche integriert und enthält auch herstellerbezogene Normteile.
- Nach Auswahl des gewünschten Teils kann man dessen CAD-Modell im [STEP-] oder [SAT-Format] direkt in die aktuelle Konstruktion einfügen. Der Nutzungsprozess für diesen Katalog ist in der **Fusion-Onlinehilfe** beschrieben.
- Wählt man andere CAD-Formate, so ist ein normaler Download der Modelldateien möglich. Diese kann man danach etwas zeitaufwändig in die Fusion-Cloud hochladen.

Da nur für das McMaster-Carr-Portal kein Nutzerkonto erforderlich ist und das direkte Einbinden der STEP-Dateien problemlos funktionieren sollte, nutzen wir dieses Portal im Folgenden für das Einfügen der Zahnscheibe:

- Man könnte sich über die Auswahl-Dialoge bis zur benötigten Zahnscheibe durchklicken. Schneller geht es jedoch mit dem "richtigen" Suchbegriff "**din 6797 star washers**" und anschließender Wahl der Gewindegröße **M4**:

MCMaster-CARR KOMponente Einfügen

# McMASTER-CARR.

din 6797 lock washers

CONTACT US    ORDER    ORDER HISTORY    LOG IN

6 Products    How can we improve? | Print | Forward | View catalog pages (2)

## Metric External-Tooth Lock Washers

Teeth on the outside edge of these washers bite into the screw head and joint for a tight grip. Use with fasteners that have heads large enough to make contact with the teeth, such as pan, button, and binding head screws.

Zinc-plated steel washers are corrosion resistant in wet environments.

18-8 stainless steel washers have good chemical resistance and may be mildly magnetic.

316 stainless steel washers have excellent resistance to chemicals and salt water. They may be mildly magnetic.

For technical drawings and 3-D models, click on a part number.

For Screw Size	ID, mm	OD, mm	Thick., mm	Hardness	Specifications Met	Pkg. Qty.	Pkg.
<b>Zinc-Plated Steel</b>							
M4	4.3	8.0	0.4-0.6	Rockwell C35	DIN 6797	100	97985A530 \$2.59
<b>18-8 Stainless Steel</b>							
M4	4.3	8.0	0.4-0.6	—	DIN 6797	100	95060A330 3.51
<b>316 Stainless Steel</b>							
M4	4.3	8.0	0.4-0.6	—	DIN 6797	5	<b>90412A120</b> 8.20

Home | Help | Returns | Careers | Mobile App | Solidworks Add-In | Settings    Terms and Conditions and Privacy Policy

Schließen

- Von den drei verfügbaren Zahnscheiben wählen wir diejenige mit dem edelsten Stahl durch Click auf die Teilenummer:

316 Stainless Steel

M4 4.3 8.0 0.4-0.6 — DIN 6797 5 **90412A120** 8.20

316 Stainless Steel External-Tooth Lock Washers for M4 Screw Size    Packs of 5

**ADD TO ORDER**

In stock

Product Detail    3-D STEP    **Download**

- Damit "**Download**" zum direkten Einfügen in die geöffnete Konstruktionsdatei erfolgt, muss man zuvor das STEP-Format wählen! Das Bauteil wird auf den Ursprung (0,0,0) der Baugruppendatei platziert:

Distanzsäule v2

- Dokumenteinstellungen
- Benannte Ansichten
- Ursprung
- Gelenke
- Distanzstück v16:1
- 90412A120\_316 Stainless Steel External-Tooth Lock Washers:1**

VERSCHIEBEN/KOPIEREN

Objekt verschieben    Komponenten

Auswahl    1 ausgewählt

Typ verschieben

Drehpunkt festlegen

Abstand X    0.00 mm

Abstand Y    0.00 mm

Abstand Z    0.00 mm

X-Winkel    0.0 deg

Y-Winkel    0.0 deg

Z-Winkel    0.0 deg

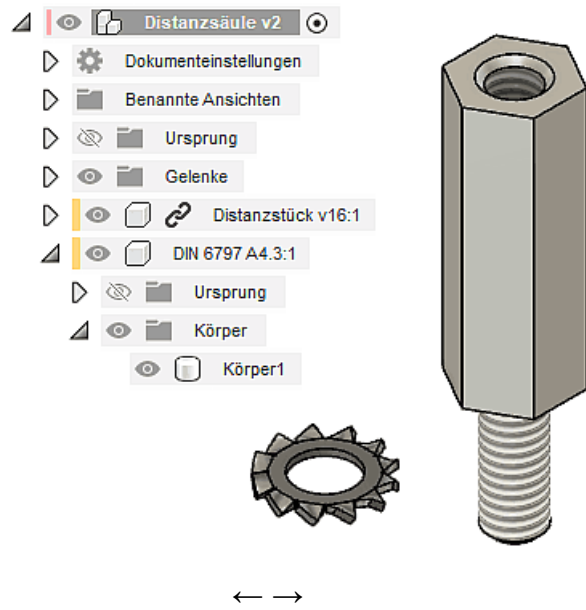
Kopie erstellen   

Position erfassen   

OK    Abbrechen

- Falls dies die Sichtbarkeit beeinträchtigt, kann man die Zahnscheibe in eine günstigere Lage bringen (verschieben und drehen).

- Da uns das konkrete Kaufteil im Beispiel noch nicht interessiert, benennen wir diese Komponente in "**DIN 6797 A4.3**" um:



# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Zusammenbau

Aus OptiYummy

↑

← →

## Zusammenbau von Bauteilen

Das Zusammenfügen von Komponenten zu Baugruppen (entspricht der "Montage") beruht auf dem Hinzufügen von Verbindungselementen, welche die ansonsten freie Beweglichkeit der Komponenten im erforderlichen Maße einschränken. Dies gilt sowohl für die realen Montage-Prozesse als auch für deren Nachbildung in der CAD-Konstruktion. Im *Autodesk Fusion* werden alle Verbindungselemente unter dem Obergriff "Gelenke" zusammengefasst.

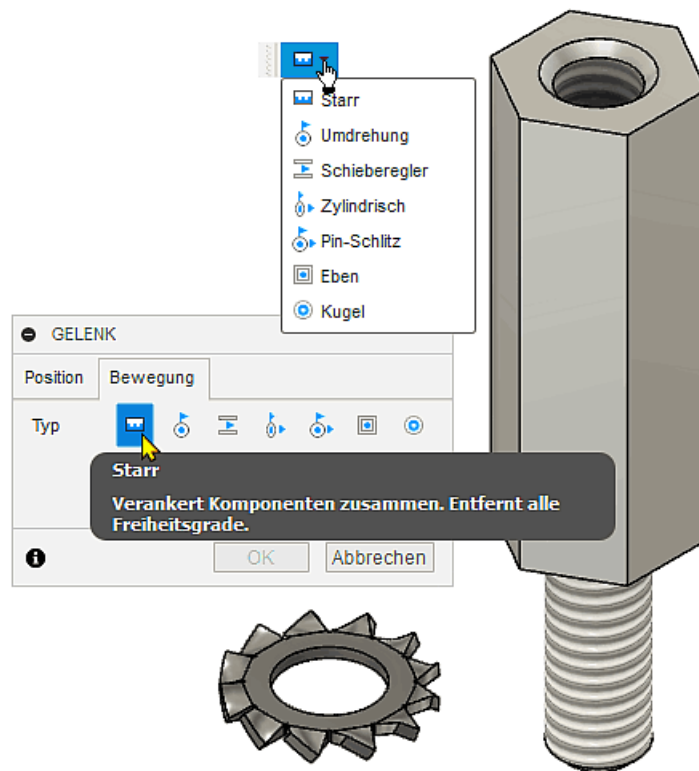
- **Gelenke** (engl. "Joints") definieren die verbleibenden Freiheitsgrade zwischen Komponenten:
  1. Primär wird mit Gelenken die Anordnung von Komponenten innerhalb der Konstruktion im Sinne des Montageprozesses und der Funktion beschrieben (starre oder bewegliche Verbindungen zwischen Komponenten)
  2. Sekundär bilden Gelenke die Grundlage für Animationen und Bewegungsstudien.
- **Sieben Gelenk-Typen** (in *Autodesk Fusion*) lassen sich in zwei grundsätzliche Klassen unterteilen:
  1. **Starr** (engl. "Rigid") beseitigt alle Freiheitsgrade zwischen den Komponenten ( $f = 0$ ). Dies ist der am häufigsten benötigte Verbindungstyp, da er dort angewendet wird, wo Komponenten fest miteinander verbunden werden (z.B. verschweißt, fest an mehreren Stellen verschraubt bzw. vernietet).
  2. **Beweglich** realisiert die relative Beweglichkeit in 1 bis 3 definierten Freiheitsgraden  $f$  in Anlehnung an die Funktion **technischer Gelenke**.
    - **Umdrehung** (engl. "Revolute"): Drehgelenk ( $f = 1$  Rotation)
    - **Schieberegler** (engl. "Slider"): axiales Schubgelenk ( $f = 1$  Translation)
    - **Zylindrisch** (engl. "Cylindrical"): axiales Dreh-/Schubgelenk ( $f = 1$  Translation + 1 Rotation um Translationsachse)
    - **Pin-Schlitz** (engl. "Pin-slot"): lineare Schlitzführung ( $f = 1$  Translation + 1 Rotation um "Nicht-Translationsachse")
    - **Eben** (engl. "Planar"): Plattengelenk = ebenes Dreh-/Schubgelenk ( $f = 2$  Translationen + 1 Rotation)
    - **Kugel** (engl. "Ball"): Kugelgelenk ( $f = 3$  Rotationen)

Im Beispiel benötigen wir nur den Gelenktyp "**Starr**", da wir alle Komponenten verdrehsicher "verschrauben".

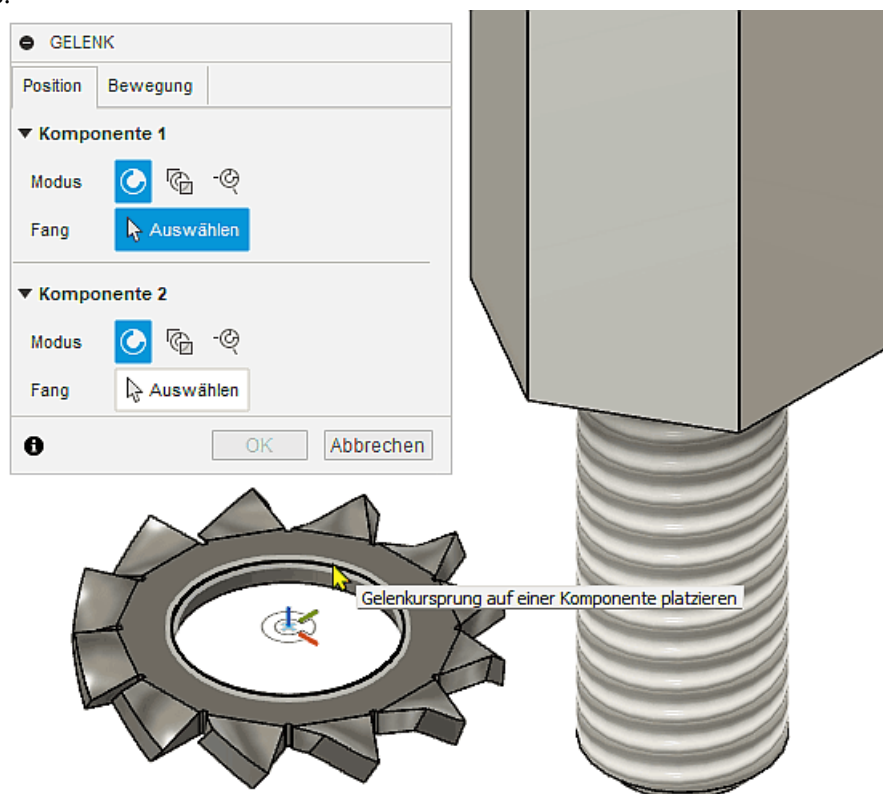
## Montage der Zahnscheibe

Wir beginnen mit der Montage der Zahnscheibe auf dem Gewindezapfen des ersten Distanzstückes:

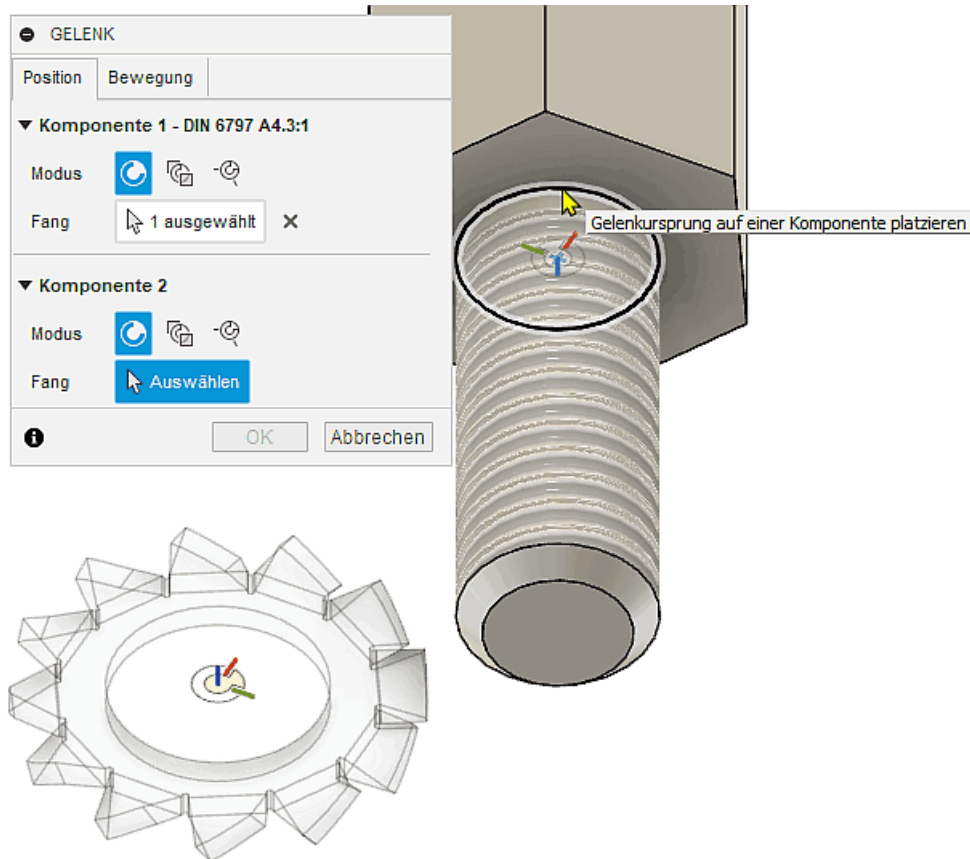
- **Beziehungen > Gelenk** führt zum Dialogfenster für die Definition der Gelenk-Verbindung.
- Die Registerkarte "**Bewegung**" zeigt standardmäßig den **Gelenktyp "Starr"** als aktiv. Die Umschaltung des Gelenktyps könnte aber auch über die eingeblendete Mini-Werkzeugleiste erfolgen:



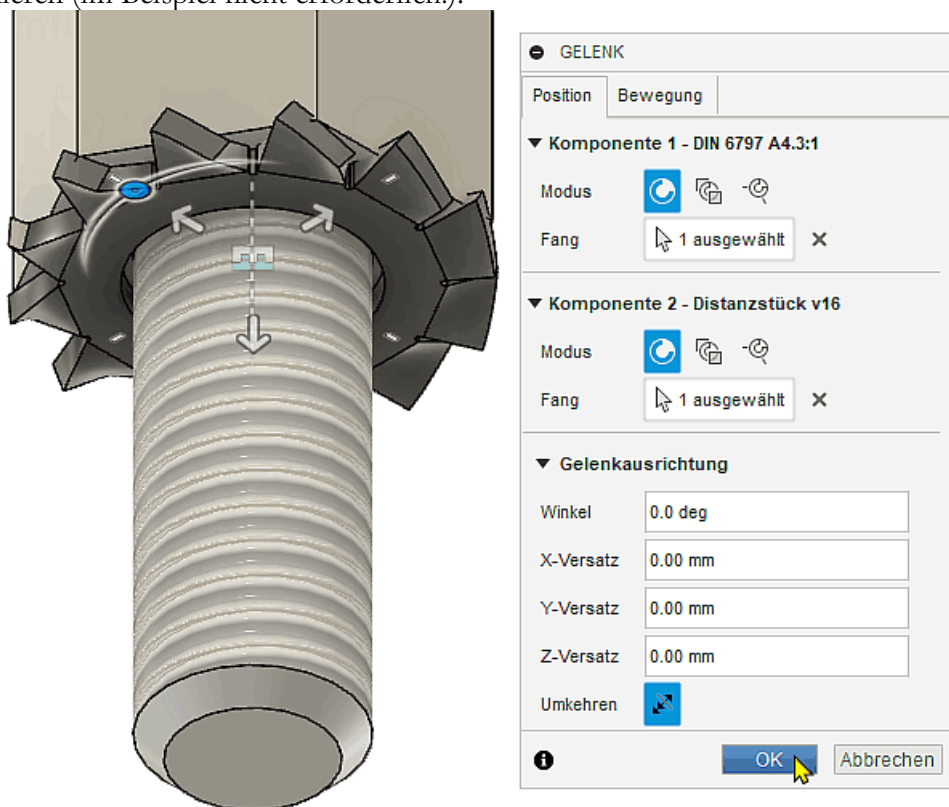
- Die Registerkarte "Position" ermöglicht auf den beiden zu verbindenden Komponenten jeweils die Wahl eines Gelenkursprungs:



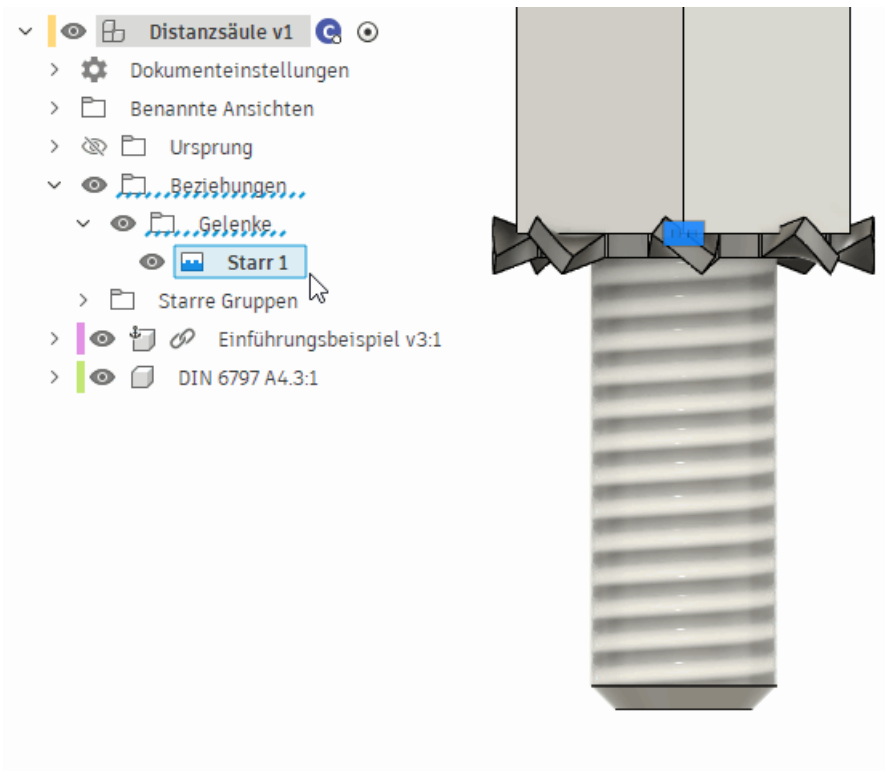
- Für rotationssymmetrische Bezugsflächen (wie in unserem Beispiel) genügt dafür die Wahl des jeweiligen Kreisbogen-Mittelpunktes als "Gelenkursprung". Man muss zuvor überlegen, welche "Kreis"-Flächen der beiden Komponenten sollen aneinander liegen und dann die zugehörigen Kreisbögen wählen.
- Hinweis:** **Komponente 1** wird in der Regel zu **Komponente 2** verschoben (**Komponente 1** kann nicht fixiert sein). Im Beispiel stellt die Zahnscheibe also **Komponente 1** dar!
- Damit man auf die gewünschte Kreisfläche des Distanzstückes als **Komponente 2** zugreifen kann, muss man zuvor die Ansicht entsprechend drehen:



- Das **Ursprungssymbol** repräsentiert ein Koordinatensystem (**Rot=X-Achse** / **Grün=Y-Achse** / **Blau=Z-Achse** / **Fläche=XY-Ebene** mit **weiß=+Z** bzw. **orange=-Z**).
- Die Ausrichtung der Gelenkursprung-Koordinatensysteme ergibt sich im Beispiel aus den Flächen-Normalen der gewählten Kreise und den "Anfangspunkten" der Kreislinien.
- Durch die resultierende Ausrichtung beider Gelenkursprung-Koordinatensysteme wird die relative Null-Lage beider Komponenten zueinander bestimmt. Bei Bedarf kann man eine relative Verschiebung oder Drehung zueinander definieren (im Beispiel nicht erforderlich!):



- Nach Abschluss dieser Gelenk-Definition liegen die entsprechenden Flächen von Zahnscheibe und Distanzstück "**starr**" aufeinander und die Zahnscheibe ist damit auch nicht mehr drehbar. Die Gelenk-Definition erscheint auch in der Browser-Darstellung, das zugehörige Gelenksymbol kann in der Geometrie ausgeblendet werden:

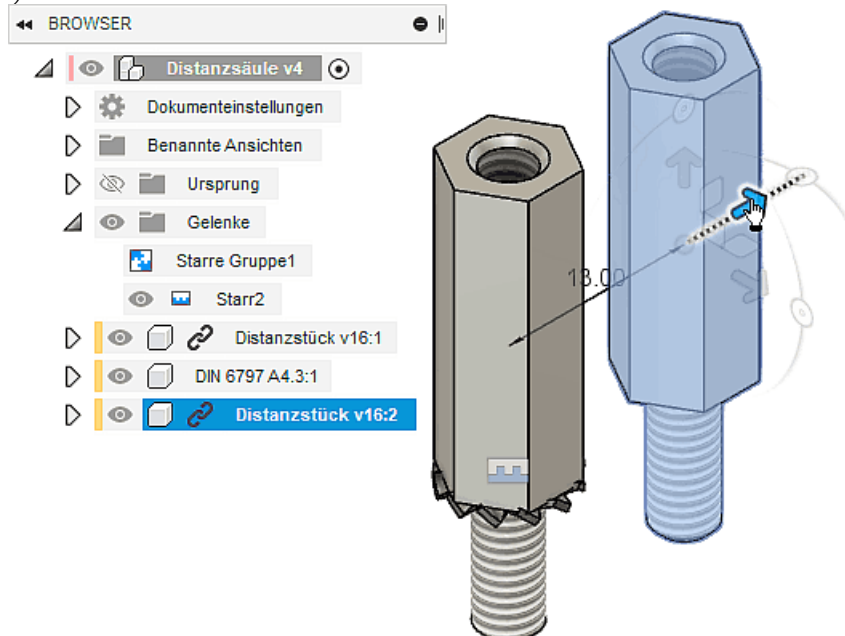


- **Hinweis:** In der Modell-Geometrie durchdringen die Zähne der Zahnscheibe den Körper des Distanzstückes. In der Realität würde diese Durchdringung natürlich infolge der elastischen Verformung der Zähne so nicht stattfinden!

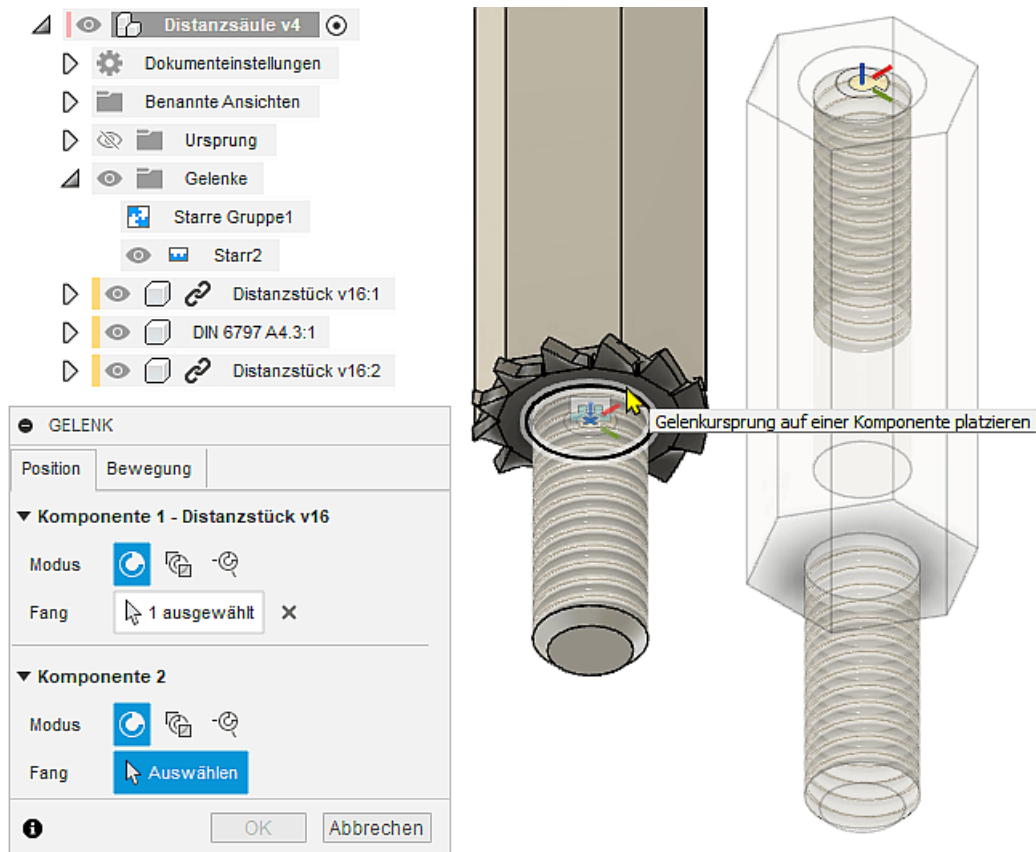
### Montage eines zweiten Distanzstueckes

Die Montage des zweiten Distanzstückes sollte mit dem vorhandenem Wissen nun kein Problem darstellen:

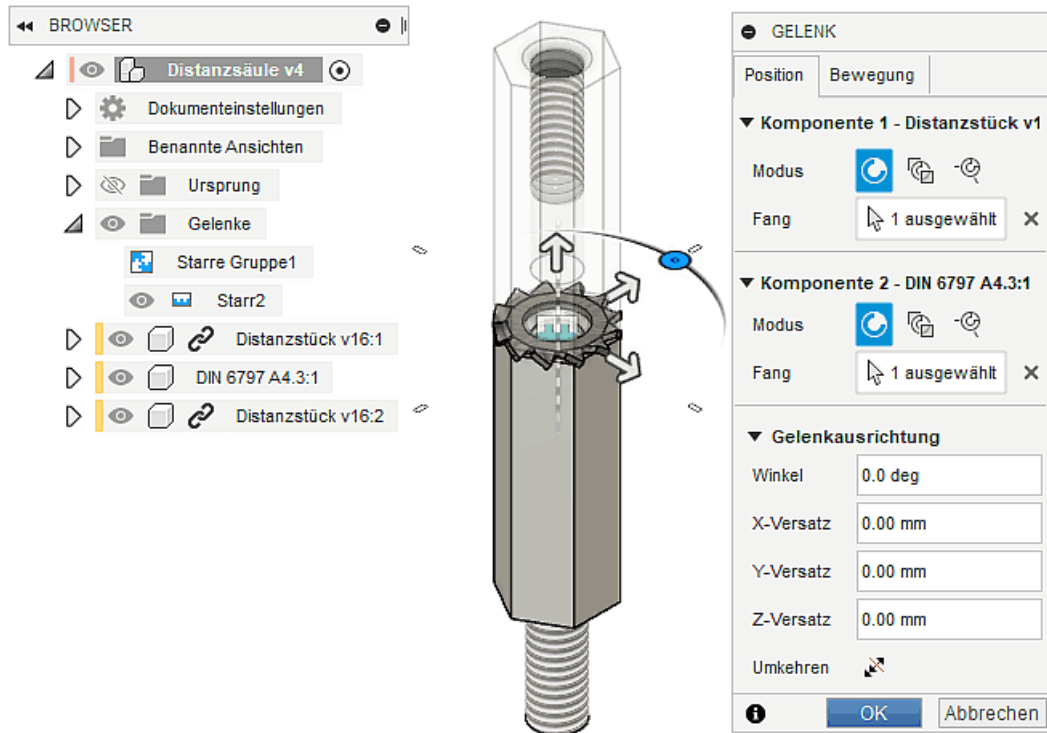
- Das Einfügen eines weiteren Exemplars des Distanzstückes gelingt intuitiv, indem man dieses per **Drag & Drop** aus dem Datenbereich in den Grafikbereich zieht. Die anfängliche Null-Lage (deckungsgleich mit dem anderen Distanzstück) ändert man durch Verschieben auf eine sinnvolle Position:



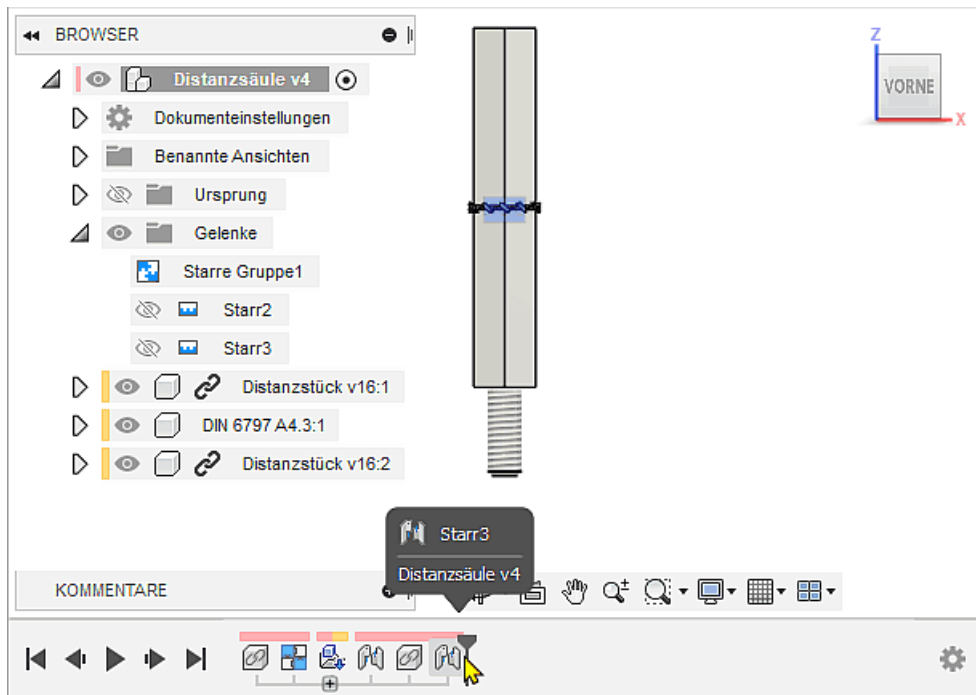
- Bei der Definition der Gelenkursprünge muss man die Kreisbögen der entsprechenden Auflageflächen wählen. Dies erfordert insbesondere an der Zahnscheibe erhöhte Aufmerksamkeit:



- Eine Verdrehung des montierten Bauteils ist nicht erforderlich, da die Sechskant-Flächen bereits fluchtend ausgerichtet sind:



- Die Gelenk-Definitionen erscheinen wie das Einfügen der Komponenten als Operationen in der Zeitleiste der Konstruktionsdatei:



Damit ist unsere Beispiel-Baugruppe "Distanzsaeule" als CAD-Modell erstellt.



# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Animation

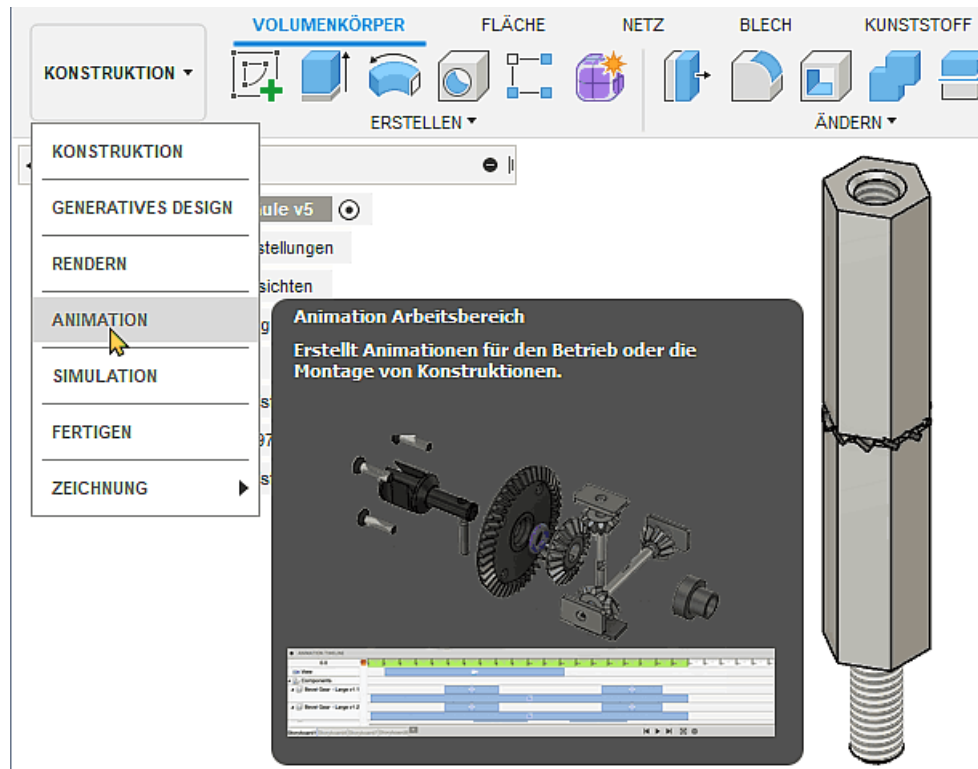
Aus OptiYummy

↑

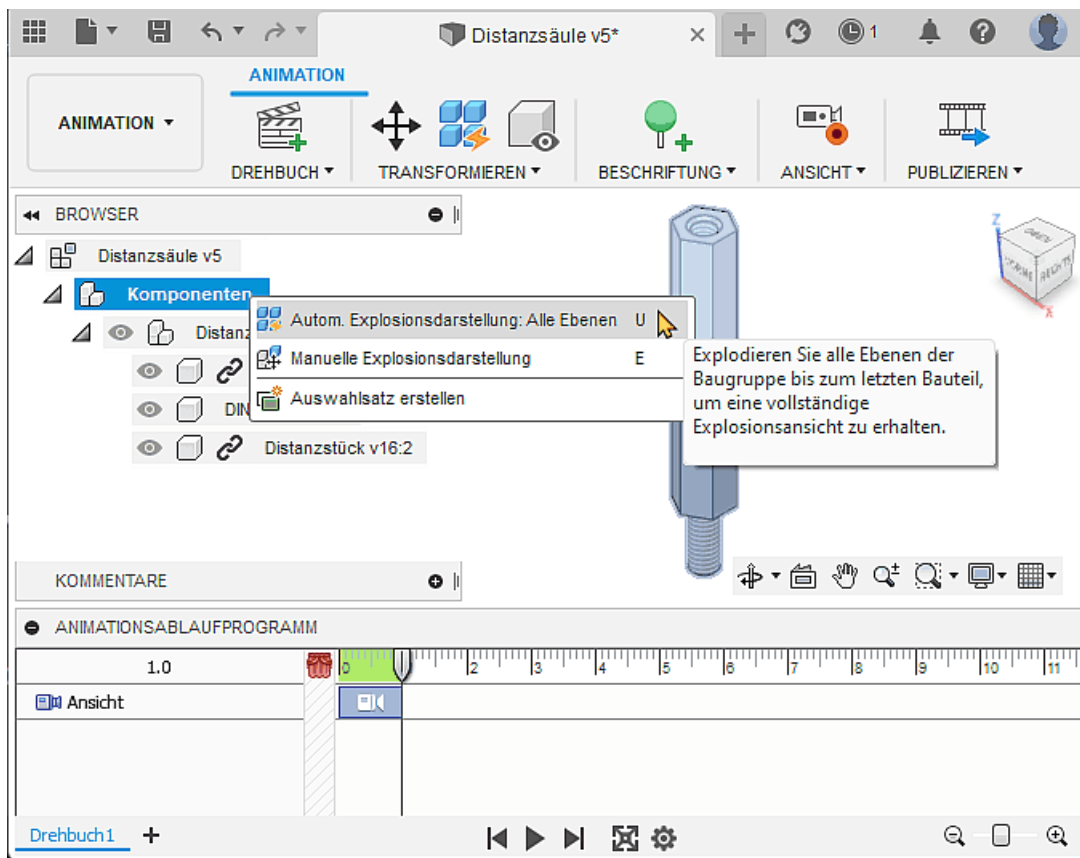


## Baugruppen-Animation (Explosionsdarstellung)

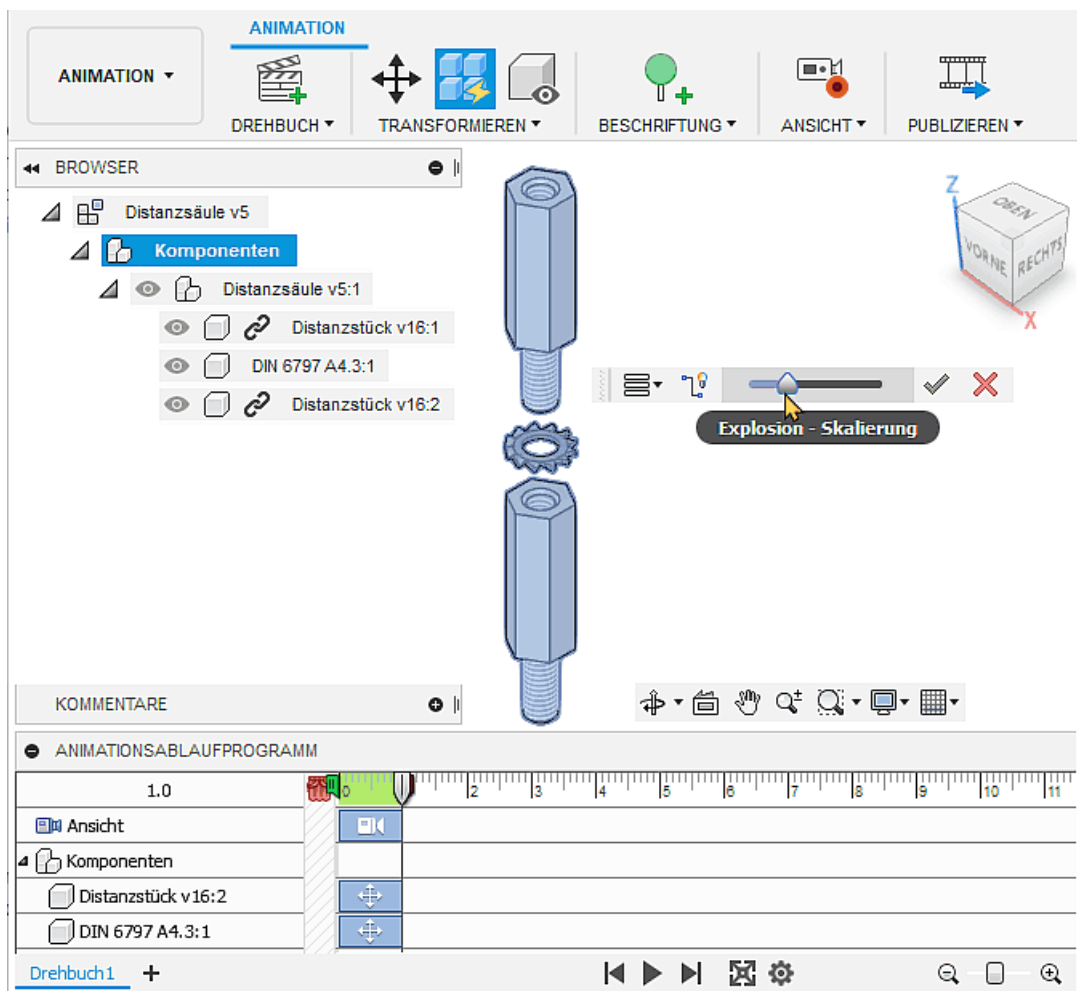
Im *Fusion 360* existiert ein separater Arbeitsbereich "**Animation**", um Explosionsansichten zu erstellen sowie Bauteile und Baugruppen zu animieren:



- Im Unterschied zu technischen Zeichnungen bleiben "Animationen" Bestandteil der aktuellen Konstruktionsdatei.
- Mittels sogenannter Drehbücher werden Zusammenbau-Abhängigkeiten in Positionsveränderungen der Komponenten umgesetzt.
- Die Positionsänderungen jeder einzelnen Komponente kann man manuell vornehmen, einschließlich der Steuerung des zeitlichen Ablaufs.
- Wir benutzen hier zur Demonstration des Prinzips nur die Möglichkeit der automatischen "Explosion":



- Die Pfade und Reihenfolgen der Positionsveränderungen können in Form einer "Explosionsdarstellung" als zeitlicher Ablauf auf Grundlage eines Drehbuchs animiert werden.
- Das Ergebnis der automatischen Explosion ist schon recht anschaulich und kann mittels der Skalierung noch etwas verbessert werden:



- Über die Player-Button unten in der Statusleiste kann man die Animation gesteuert ablaufen lassen.
- Im Ergebnis der automatischen Explosion laufen alle Positionsveränderungen der Komponenten zeitsynchron ab. Bei Bedarf kann man diese Abläufe in der Zeitleiste manuell modifizieren.
- Die Animation kann man ganz oder teilweise und auch aus verschiedenen Blickwinkeln als Video publizieren.
- Der im Bild gezeigte Endzustand der "Animation" bildet die Grundlage für Explosionsdarstellungen in Zusammenbau-Zeichnungen.



# Software: CAD - Fusion-Tutorial - Distanzstueck - Zusammenbau-Zeichnung

Aus OptiYummy

↑

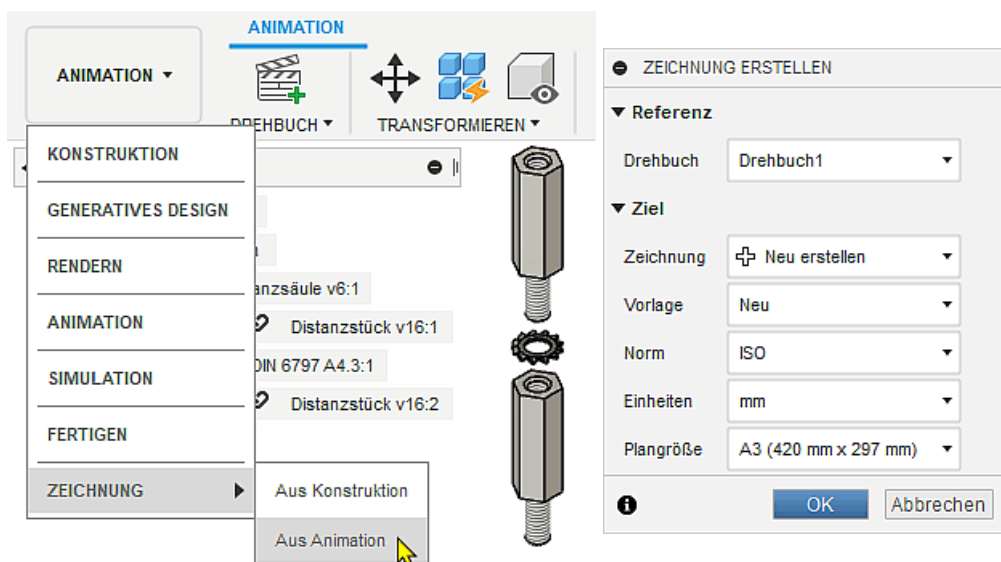


## Zusammenbau-Zeichnung mit Stückliste

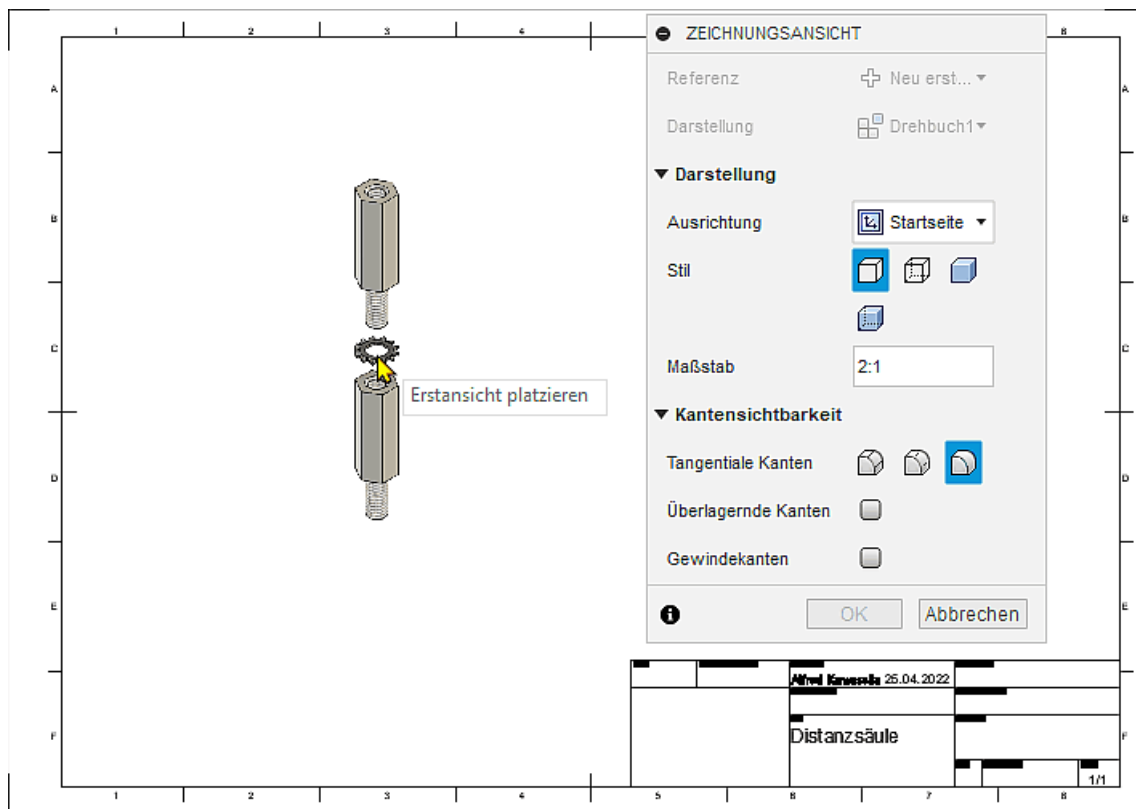
**Zusammenbau-Zeichnungen** dienen der Erläuterung von Zusammenbau-Vorgängen. Hierfür nutzt man häufig anschauliche Explosionsdarstellungen. Die zusammengebauten Teile werden mit Positionsnummern versehen und in einer Stückliste aufgelistet.

Das Erstellen von Zusammenbau-Zeichnungen erfolgt im Arbeitsbereich "**Zeichnung**" in einer separaten Zeichnungsdatei analog zur bereits bekannten Einzelteilzeichnung:

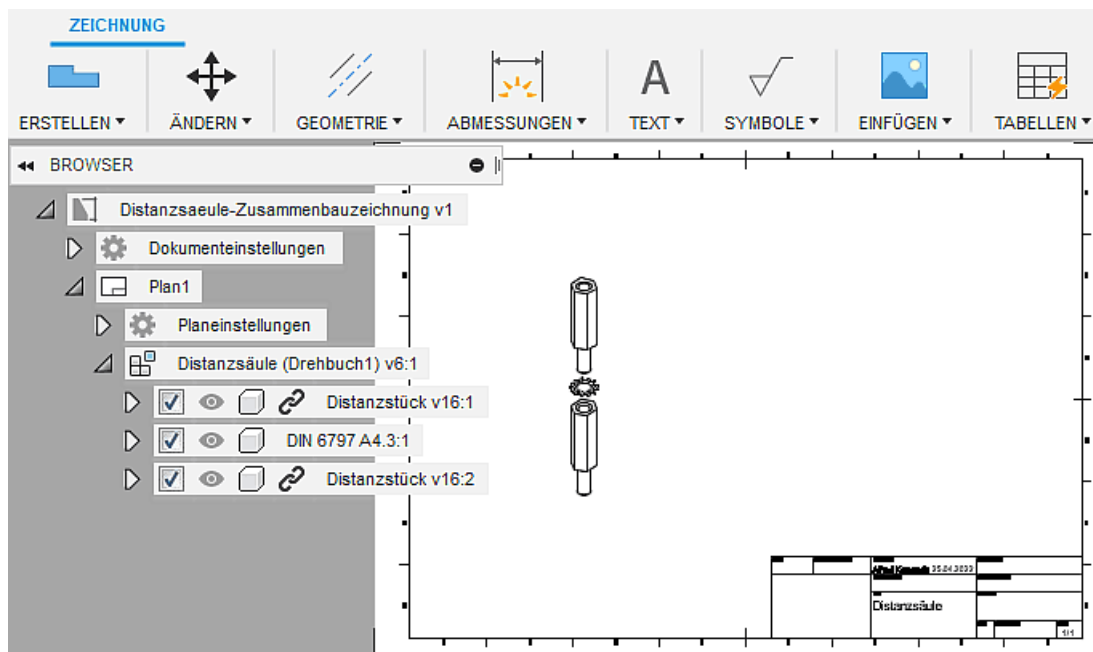
- Für die gewünschte Explosionsdarstellung beziehen wir uns auf den Animationsbereich unserer aktuellen Konstruktion:



- Man muss innerhalb der Animation ein Drehbuch wählen (im Beispiel existiert nur "**Drehbuch1**").
- Zusätzlich müssen Angaben zur Zeichnungsausführung getätigt werden (im Beispiel genügen die Standardvorgaben - die Blattgröße ist nachträglich bei Bedarf anpassbar).
- Nach Bestätigung der Zeichnungskonfiguration wird eine neue "unbenannte" Zeichnungsdatei generiert und es erfolgt die Aufforderung, die Erstansicht zu platzieren.
- Die "**Startseite**" der Ausrichtung entspricht der aktuellen Ansicht in der Animation, welche im Beispiel schon günstig gewählt ist:

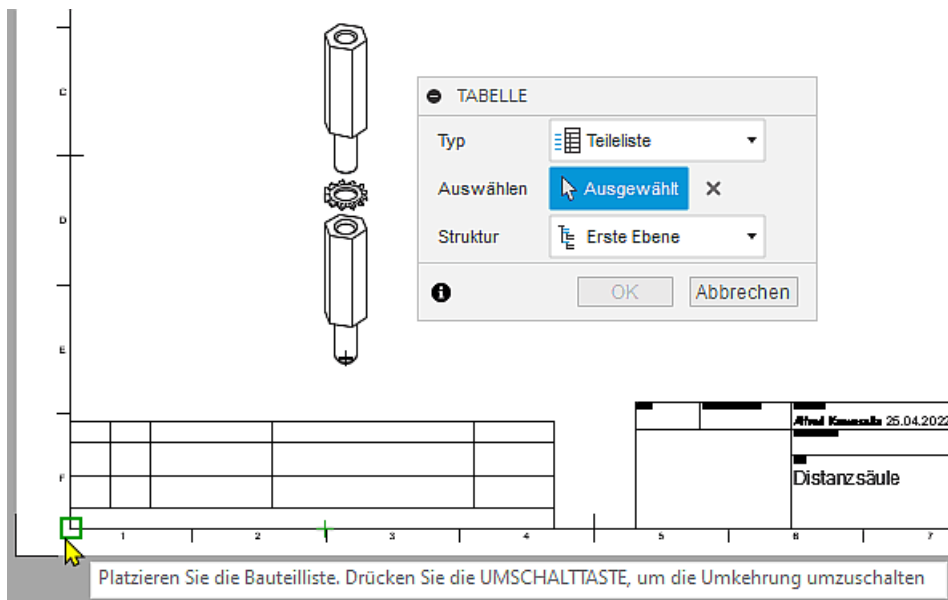


- Obige Einstellungen zur Zeichnungsansicht können nachträglich bei Bedarf noch geändert werden.
- Nach dem Erstellen der Erstansicht sollte die Zusammenbauzeichnung als Datei unter einem sinnvollem Namen im Projektordner gespeichert werden ("**Distanzsaule-Zusammenbauzeichnung**"):

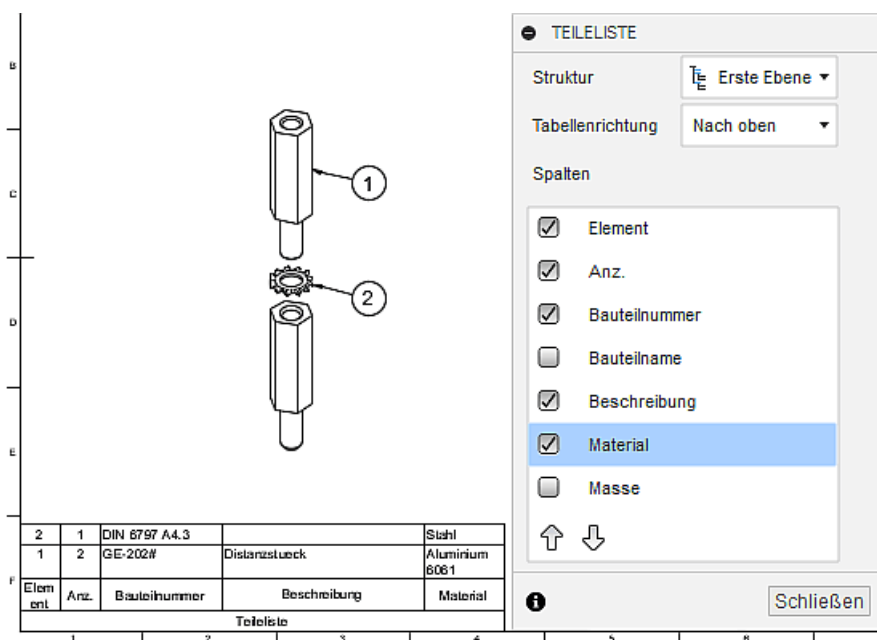


Die Einzelteil-Komponenten sollen in der Explosionsdarstellung jeweils eine Positionsnummer <sup>1</sup> erhalten. Dies passiert automatisch bei der Erstellung einer Teileliste:

- **Zeichnung > Tabellen > Teileliste** führt zum Dialog für das Platzieren der Bauteilliste:



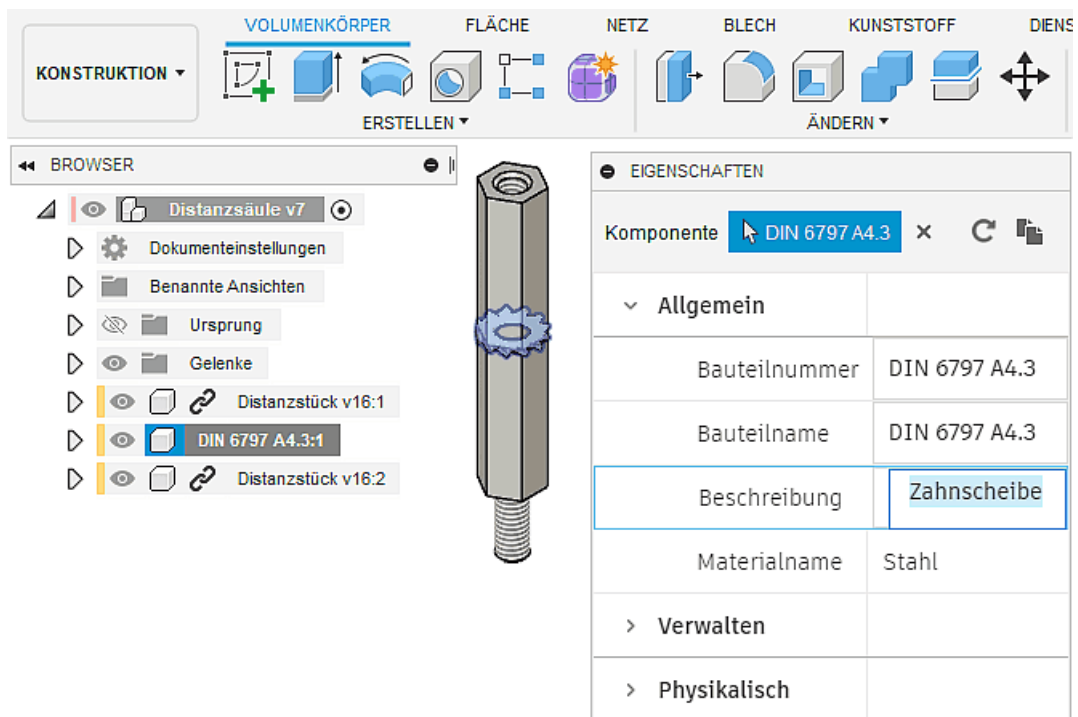
- Standardmäßig ist die Kopfzeile der Spaltenbeschriftungen in dieser Tabelle unten angeordnet und die Zeilen der Bauteile sind von unten nach oben durchnummeriert.
- Dafür ist es günstig, die Bauteilliste links unten im Blatt zu platzieren (mit Fixierung am Eckpunkt des Zeichnungsrahmens).
- Nachträglich kann man (nach Doppelklick auf die Liste) den Inhalt der Teilleiste noch inhaltlich umgestalten. Im Beispiel könnte man den Material-Eintrag weglassen:



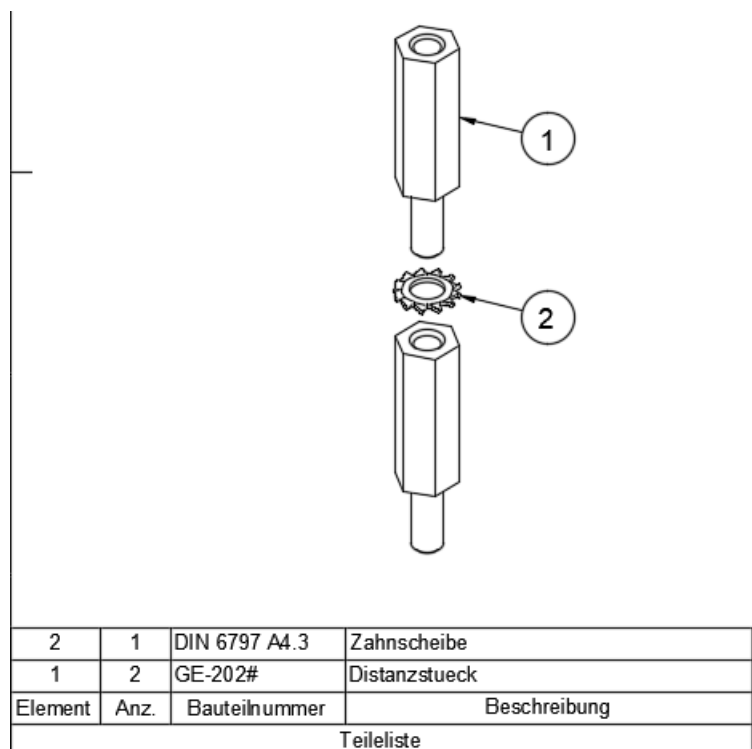
- Die Formatierung der einzelnen Tabellenzellen in Hinblick auf Text-Umbruch und Ausrichtung ist leider noch nicht perfekt.
- Nach Markieren der Tabelle kann man mit dem Cursor durch Ziehen an den eingeblendeten Markern die Zellengrößen so anpassen, dass kein Textumbruch mehr stattfindet:



- Noch fehlende Eigenschaften (im Beispiel die Beschreibung des Normteils) kann man ergänzen, indem man im Bereich "**Konstruktion**" für die betreffende Komponente diese Eigenschaft ergänzt bzw. modifiziert:



- Nach dem Speichern der Konstruktionsdatei kann man die Zeichnungsdatei aktualisieren und erhält damit die neuen Inhalte auch in der Teileliste:



Im Rahmen dieser Einführungsübung konnte damit gezeigt werden, dass es auch für Baugruppen sehr einfach ist, aus einem CAD-Modell die erforderlichen Zeichnungsunterlagen abzuleiten:

- Der Rationalisierungseffekt bei der Erstellung solcher Explosionsdarstellungen mit den zugehörigen Teilelisten ist offensichtlich.
- Auf das vollständige Ausfüllen des Schriftfeldes wird in diesem Beispiel verzichtet.