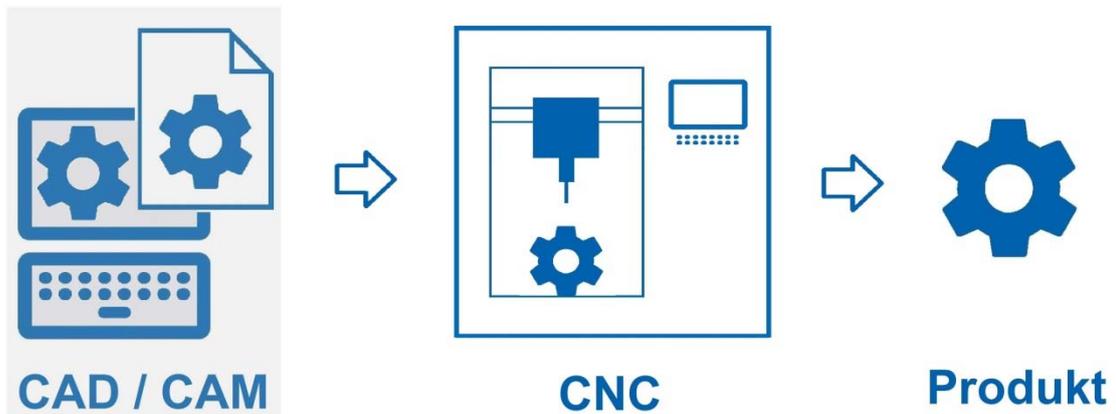




Akademie für Lehrerfortbildung

## *Digitale Transformation*

### *Grundlagen CAM in einer digitalisierten CAx-Prozesskette*



*Interdisziplinäre Qualifizierung von Lehrkräften in den Berufsfeldern Elektrotechnik, Metalltechnik und Informationstechnologie*



**Inhalt**

Impressum .....	2
Vorwort .....	3
Geometrische Produktspezifikation (GPS) .....	4
Bohrlehre .....	8
Lab 01 - Haken - 2D (Position 6) .....	10
Lab 02 - Buchsenaufnahme - 2D (Position 7) .....	15
Lab 03 - Stiftehalter – 3D .....	21
Fortbildungsmodule .....	29

## IMPRESSUM

- Herausgeber: Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung  
Kardinal von Waldburg-Str. 6-7  
89407 Dillingen/Donau
- Redaktionsgruppe: Andreas Fester, Staatl. Berufsschule I Bamberg  
Hasan Gencel, Städt. Berufsschule 2 Nürnberg  
Martin Siegert, Städt. Berufsschule 2 Nürnberg  
Richard Lang, Staatl. Berufsschule Weiden i.d.OPf.  
Thomas Glaser, Staatl. Berufsschule Weiden i.d.OPf.  
Andreas Henle, Staatl. Berufsschule 1 Straubing  
Wolfgang Liedtke, Staatl. Berufliches Schulzentrum Wasserburg  
am Inn  
Robert Winderl, Staatl. Berufsschule Weiden i.d.OPf.  
Markus Rawitzer, Akademie Dillingen
- Redaktionsleitung: Michael Lotter, Akademie Dillingen
- URL: <http://alp.dillingen.de>  
Mail: [m.lotter@alp.dillingen.de](mailto:m.lotter@alp.dillingen.de)  
Stand: April 2018



Dieses Dokument steht unter einer CC BY-SA 4.0-Lizenz. Urheber ist die genannte Redaktionsgruppe der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, Dillingen.

## VORWORT

Das Fortbildungsmodul CAM-Grundlagen fördert Grundfertigkeiten im Umgang mit moderner CAM-Software und bietet Anregungen für den Unterricht in der beruflichen Bildung. Dabei werden aktuelle Entwicklungen berücksichtigt.

Aufbauend auf 3D-Modellen die mit CAD-Software (z. B. Inventor) erstellt sind, werden folgende Zielsetzungen umgesetzt:

### Fachliche Zielsetzungen

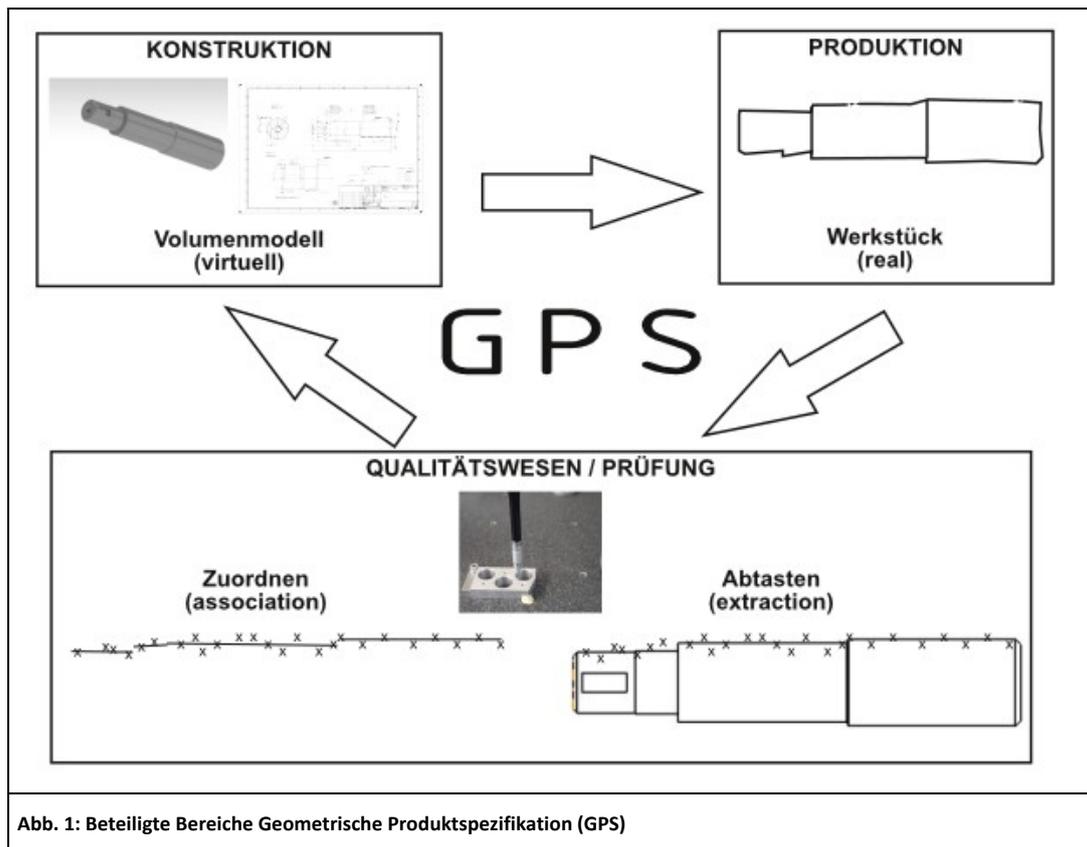
- Arbeitsplan und Bearbeitungsstrategien festlegen können.
- Werkzeugbestückung festlegen können und Werkzeuge anpassen können.
- Relevante Simulationsarten anwenden können.
- CNC-Programm auf reale Maschine übertragen und testen können.

### Didaktische Zielsetzungen

- Erworbene Fertigkeiten in einem abgesteckten Rahmen auf verschiedene Beispiele übertragen können (variable Verfügbarkeit).
- Bereitgestelltes Lehr- und Lernmaterial im eigenen Unterricht anwenden können.
- Ein Unterrichtsbeispiel (z. B. Lernsituation) in der Schülerrolle bearbeiten können und reflektieren.
- Eine vorgegebene didaktische Jahresplanung auf die eigene Unterrichtssituation übertragen können.

## GEOMETRISCHE PRODUKTSPEZIFIKATION (GPS)

Bis ein Produkt beim Kunden in Händen liegt, sind viele Prozessschritte erforderlich. Diese können in Form einer Prozesskette dargestellt werden. Dabei durchläuft das Produkt drei Bereiche. Die Konstruktion, die Produktion sowie das Prüfwesen (Qualitätssicherung, vgl. Abb. 1).



### Spezifikation - Verifikation

In der Konstruktion entsteht am Bildschirm im CAD-System ein virtuelles Modell als 3D-CAD-Datensatz. In der Konstruktion steht die Funktion des Produkts an oberster Stelle. Um die Funktion zu gewährleisten wird das 3D-Modell spezifiziert. Dabei werden Merkmale festgelegt (z. B. Maßtoleranzen). Die aus dem 3D-Datensatz generierten fertigungs- und prüfrelevanten Informationen werden an die Produktion und das Prüfwesen weitergeleitet. Dies geschieht entweder als 2D-Zeichnung (technische Zeichnung) oder als dreidimensionales Volumenmodell (Solid). Die Zeichnung liegt in papierform oder digital vor.

Aus der virtuellen Information (3D-Datensatz, Zeichnung) stellt die Produktion ein reales Produkt (Werkstück) her. Das reale Produkt unterscheidet sich vom virtuellen Modell durch Gestaltabweichungen. Gestaltabweichungen treten durch folgende Fehler auf (vgl. Abb. 2):

- Maßfehler
- Formfehler
- Lagefehler
- Oberflächenfehler

Geometrielemente (Körperkanten, Oberflächen, ...) müssen toleriert werden, um die Funktion des Produkts zu gewährleisten und die fertigungsbedingten Gestaltabweichungen in Grenzen zu halten. Toleriert wird immer so, dass die Funktion gerade noch gegeben ist.

Parallel zum Herstellungsprozess und/oder im Anschluss daran, werden Werkstücke geprüft. Die Prüfung vergleicht die im virtuellen Modell spezifizierten Anforderungen mit dem real hergestellten Werkstück. Das Prüfwesen (Qualitätssicherung) verifiziert das virtuelle Volumenmodell mit dem realen Werkstück. D. h. das Prüfwesen erzeugt ein sogenanntes "zugeordnetes (assoziiertes) Werkstück". Dies geschieht in zwei Schritten.

Im ersten Schritt wird das reale Werkstück durch Abtasten erfasst (extraction). Dabei entsteht eine Punktwolke.

Im zweiten Schritt werden die durch die Abtastung erzeugten Daten zugeordnet (association). Zuordnung bedeutet, dass die abgetasteten Punkte/Punktwolken bestimmten Kriterien zugeordnet werden. Z. B. der Mittelwert der Punkte oder alle Maximalwerte werden als Messergebnisse für den Soll-Ist-Vergleich herangezogen.

Die Spezifikation geht aus der 2D-Zeichnung oder aus Informationen des 3D-Datensatzes (Volumen-, Flächenmodell) hervor. Hier wird den Fragen nachgegangen, welche in der Spezifikation beschriebenen Merkmale wie geprüft werden? Diese Spezifikation wird durch enge Zusammenarbeit der drei, an der Produktentwicklung beteiligten Bereiche Konstruktion, Produktion und Prüfwesen definiert. Die Normen der Geometrische Produktspezifikation (GPS) ermöglichen diesen übergreifenden Austausch zwischen den drei Abteilungen. Die GPS-Normenmatrix nimmt auf den o.g. Ablauf der Werkstückentstehung Bezug. Die GPS-Normenkette lässt sich vereinfacht in einer Matrix darstellen (vgl. Tab. 1). Ziel der GPS-Normung ist, einen Austausch zwischen Konstruktion, Produktion und Prüfwesen zu ermöglichen, der dem technischen Wandel der letzten Jahrzehnte gerecht wird.

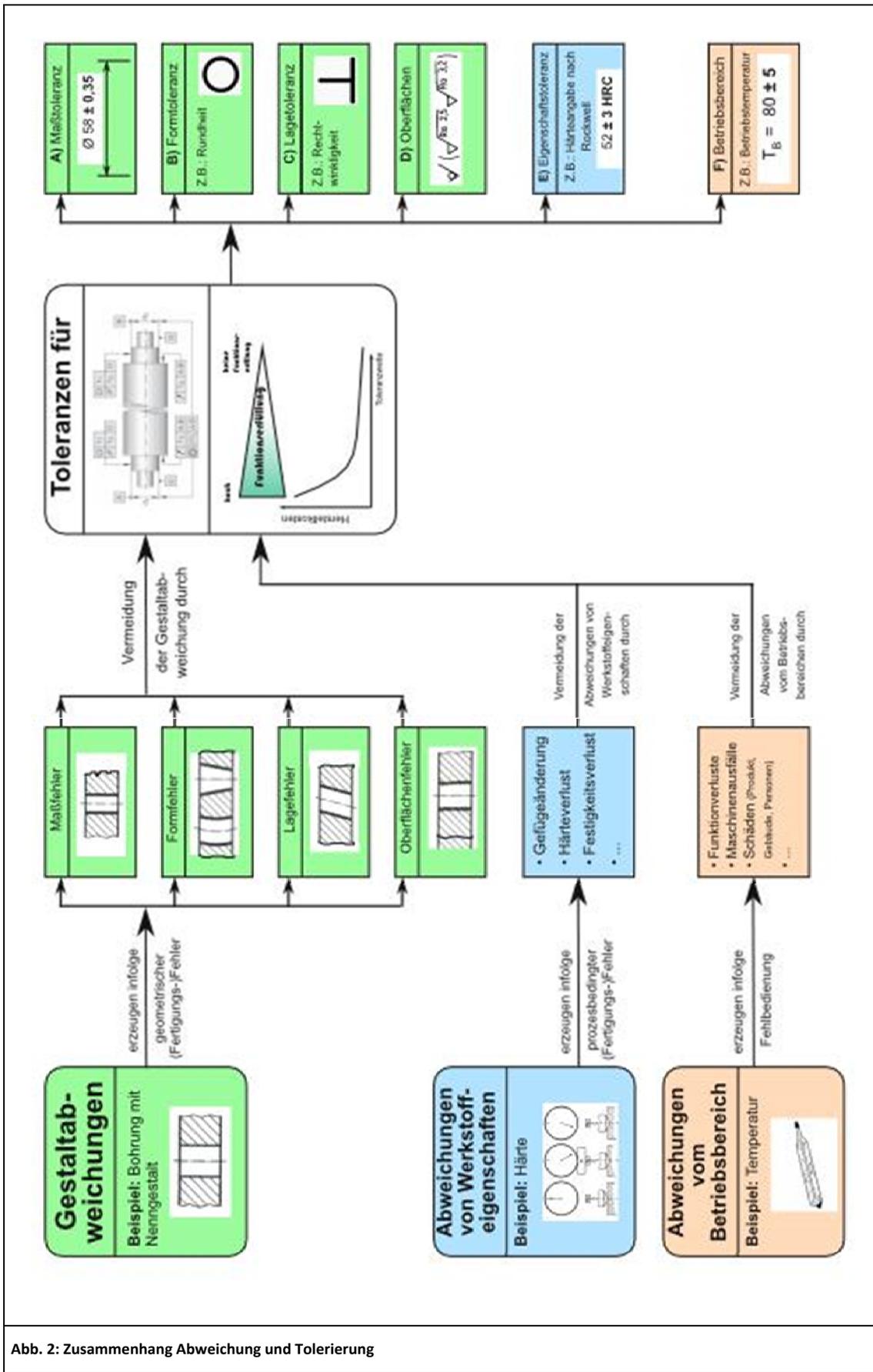


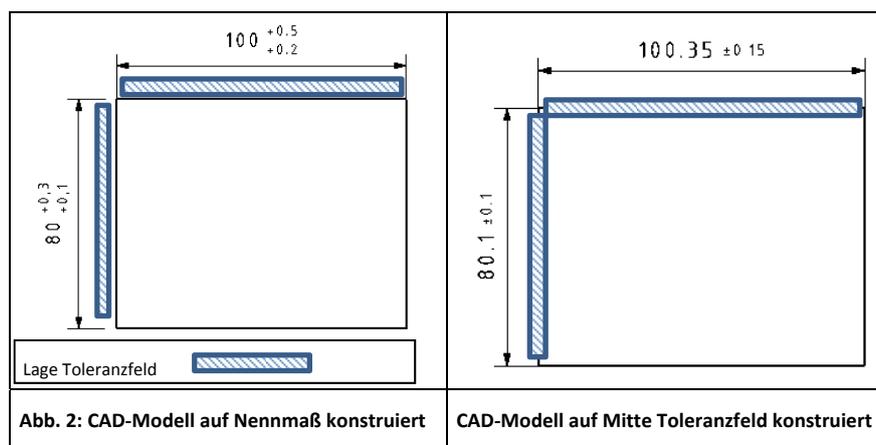
Abb. 2: Zusammenhang Abweichung und Tolerierung

Spezifikation			Verifikation		
1	2	3	4	5	6
Technische Zeichnung / 3D-Modell	Toleranzen / Festlegung der zul. Gestaltabweichungen	Merkmale (Maße, Form, Lage,...)	Soll-Ist-Vergleich der Abweichungen (Annahmebedingung)	Messtechnik: Festlegung der Messtechnik und Messunsicherheit	Kalibrierung: Ermittlung der Messunsicherheit

Tab. 1: Matrix der GPS – Normenkette

## Konstruktionsmethodik in der CAD/CAM Prozesskette

Die meisten Werkstücke werden in der CAD-Konstruktion auf Nennmaß konstruiert. Dabei werden im 3D-Datensatz, die aufgrund der Funktion vergebenen Toleranzen nicht berücksichtigt. Die Toleranzangaben werden erst in der anschließend abgeleiteten technischen Zeichnung eingefügt. Im Rahmen eines automatisierten durchgängigen CAD/CAM-Prozesses, geht der Trend immer mehr weg von der Fertigung mit Hilfe von technischen Zeichnungen. In einer durchgängigen Prozesskette werden die generierten CAD-Daten im nachgelagerten Produktions- und Fertigungsprozess oftmals ohne Zeichnung weiterverwendet. Die fertigungsrelevanten Informationen gehen aus dem 3D-Datensatz hervor. Bei dieser Vorgehensweise treten durch die o.g. Konstruktion der Solids auf Nennmaß Probleme auf. Dadurch wird die Datenaufbereitung im CAM-Bereich erschwert. Liegen die 3D-Daten als Nennmaße vor, müssen alle Maße umgerechnet werden. D.h., dass jedes Maß auf Mitte Toleranzfeld geändert werden muss (vgl. Abb. 2).



## BOHRLEHRE

### Intention

Die Bohrlehre wird benötigt, um an einer Buchse eine radiale Bohrung zu erzeugen.

Die Buchse wird über den Aufnahmebolzen geschoben, mit dem Haken gesichert und mit der Rändelmutter gespannt.

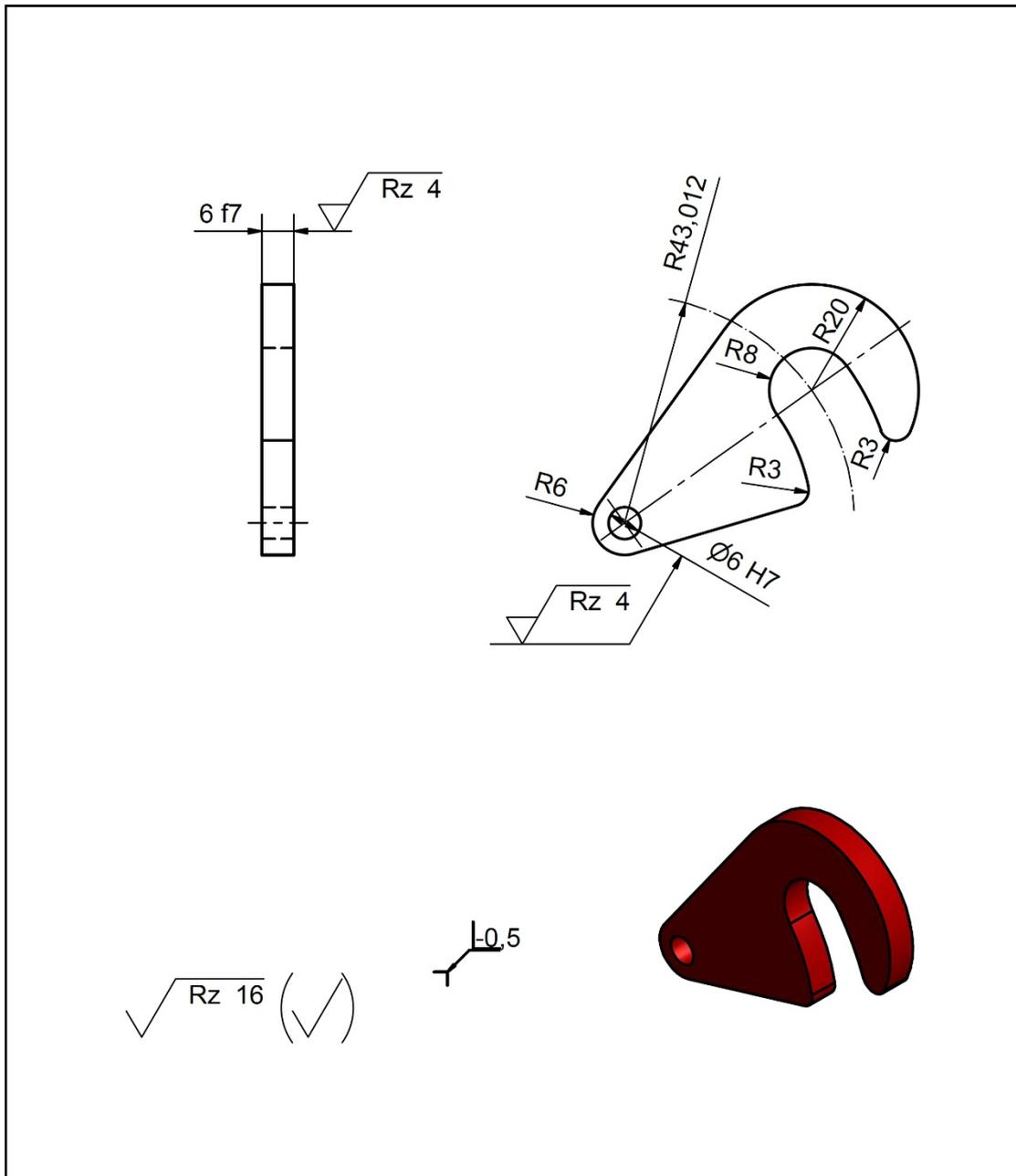
Mit dem vorliegenden CAM-Grundkurs sollen die Teilnehmer die nötigen Fertigkeiten erwerben, um einzelne Bauteile mit Inventor-HSM zu bearbeiten. Die Programmierung erfolgt hierbei nicht konventionell, sondern die Programme werden auf Grundlage eines CAD Modells generiert. Dabei werden verschiedene Frässtrategien mit den erforderlichen Werkzeugen und Technologiedaten angewendet.

Nach der Simulation werden die Programme mit einem Postprozessor auf das Format der Maschinensteuerung erzeugt und anschließend auf die CNC Maschine übertragen.

Die Aufgabenstellung eignet sich je nach didaktischer Jahresplanung sowohl für eine Lehrerfortbildung, als auch für den Einsatz im Unterricht für die 11. und 12. Klassen im Metallbereich.



LAB 01 - HAKEN - 2D (POSITION 6)



Werkstückkanten DIN ISO 13715 Allgemeintoleranz ISO 2768 - mK Tolerierung DIN 7167				Oberfläche DIN ISO 1302: 2000	Maßstab: 1:1	(Masse)0,023 kg
		Datum		Name	Werkstoff: AlMg3	
		Bearb.			Titel:	
		Gepr.			Haken	
		Norm				
					Baugruppe: Bohrlehre	
					Blatt-Nr.: 1	
					DIN A4	
Zust.	Änderung	Datum	Name	06_Haken.ipt		

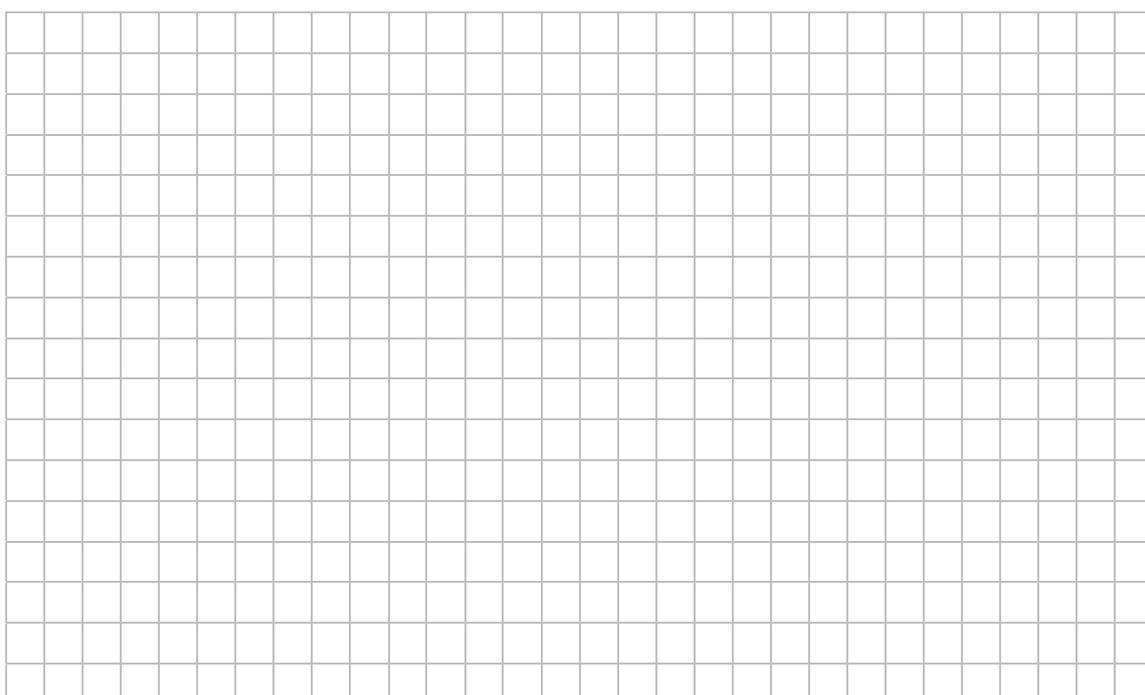
## Arbeitsplan

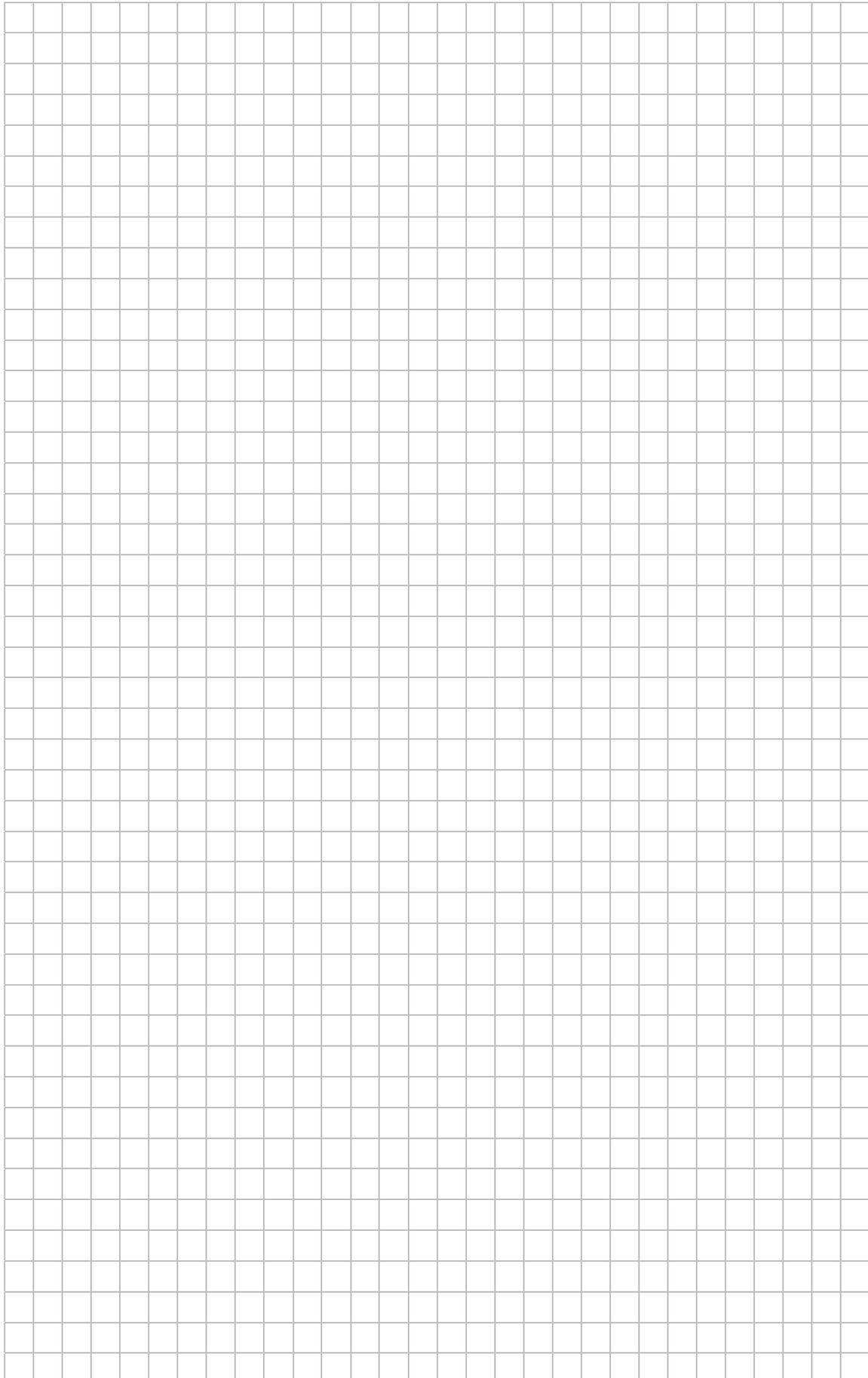
Nr.	Arbeitsschritte	HSM-Inventor	Hinweise
1.1.1	Nullpunkt setzen (Rohteilrahmen) Rohteilmaße festlegen Spannen im Schraubstock	Setup	
1.1.2	Oberseite plan fräsen		
	<b>Werkzeug:</b> Planfräser: PF-D40R0 oder $\varnothing$ 40 mm, $z=5$ Messerkopf  <b>Schnittdaten festlegen:</b> $V_c =$ $f_z =$  Arbeitsschritt prüfen	Strategie: Planen   Simulieren	Schnittdatenermittlung z. B. über Beiblatt oder <a href="http://www.toolscout.de">www.toolscout.de</a>
1.1.3	Kontur schrappen		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Schaftfräser: SFR-D8R0 $\varnothing = 8\text{mm}$ , $z = 2$  <b>Schnittdaten festlegen:</b> $V_c =$ $f_z =$  Schnitttiefe: Z -7	Strategie: 2D Adaptiv   Höhen: Versatz unten: Endtiefe: -1mm	Frässtrategie: Trochoidal Fräsen (TPC)
1.1.4	Kontur schlichten		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Schaftfräser: SFR-D8R0 $\varnothing = 8\text{mm}$ , $z = 2$  <b>Schnittdaten festlegen:</b> $V_c =$ $f_z =$  Schnitttiefe: Z -7	Strategie: 2D-Kontur   Höhen: Versatz unten: Endtiefe: -1mm	Frässtrategie: Eckfräsen

<b>1.1.5</b>	Bohren		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Spiralbohrer: SB-D5,7 HSS; $\varnothing = 5,7$  <b>Schnittdaten festlegen:</b> $V_c =$ $f_z =$  Bohrtiefe: Durchgangsbohrung	Strategie: Bohren   Höhen: Versatz unten: Endtiefe: -4 mm	
<b>1.1.6</b>	Entgraten		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Entgrater/Fasenfräser: FF-D6-90° VHM  <b>Schnittdaten festlegen</b> $V_c =$ $f_z =$	Strategie: 2D Fase   Fasenbreite: 0,3mm	
<b>1.1.7</b>	Reiben		
	<b>Werkzeug neu erstellen:</b> Reibahle HSS: $\varnothing = 6H7$  <b>Schnittdaten festlegen</b> $V_c =$ $f_z =$  Bohrtiefe: Durchgangsbohrung	Strategie: Bohren (Reiben)   Höhen: Versatz unten: Endtiefe: -1 mm	
<b>1.1.8</b>	Umspannen		
	Nullpunkt setzen (Rohteilrahmen)  Rohteilmaße: 80x50x11,5 Versatz: 5,5 mm		

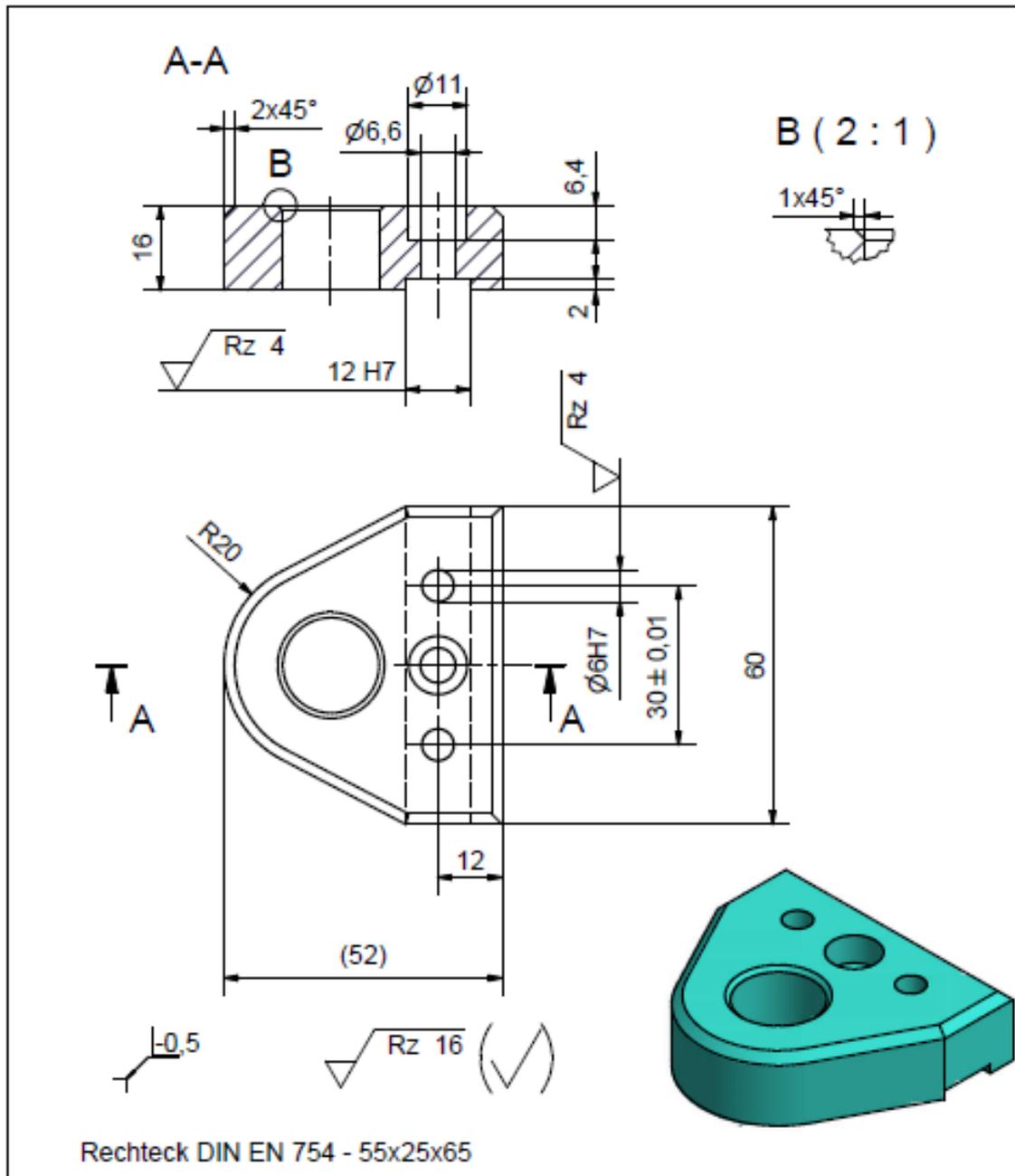
<b>1.1.9</b>	Planfläche schrappen und schlichten		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Planfräser: PF-D40R0 Messerkopf  <b>Schnittdaten festlegen:</b> $V_c =$ $f_z =$  Durchgänge: Tiefenschnitte: max. Tiefenzustellung: 3 mm; Schlichttiefezustellung: 1 mm	Strategie: Planen	
<b>1.1.10</b>	Entgraten		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Entgrater/Fasenfräser: FF-D6-90°  VHM  <b>Schnittdaten festlegen</b> $V_c =$ $f_z =$	Strategie: 2D Fase   Fasenbreite: 0,3mm	

## Notizen





## LAB 02 - BUCHSENAUFNAHME - 2D (POSITION 7)



Rechteck DIN EN 754 - 55x25x65

Werkstückkanten DIN ISO 13715 Allgemeintoleranz ISO 2768 - mk Tolerierung DIN 7167		 Oberfläche DIN ISO 1302: 2000		Maßstab: 1:1	(Masse)
				Werkstoff: AlMg3	
		Datum		Name	
		Bearb.			
		Gepr.			
		Name			
				Titel:	
				Buchsenaufnahme	
				Baugruppe: Bohrlöhre	
				Blatt-Nr.: 1	
				DINA4	
Zust.	Änderung	Datum	Name	07_Buchsenaufnahme.ipr	

## Arbeitsplan

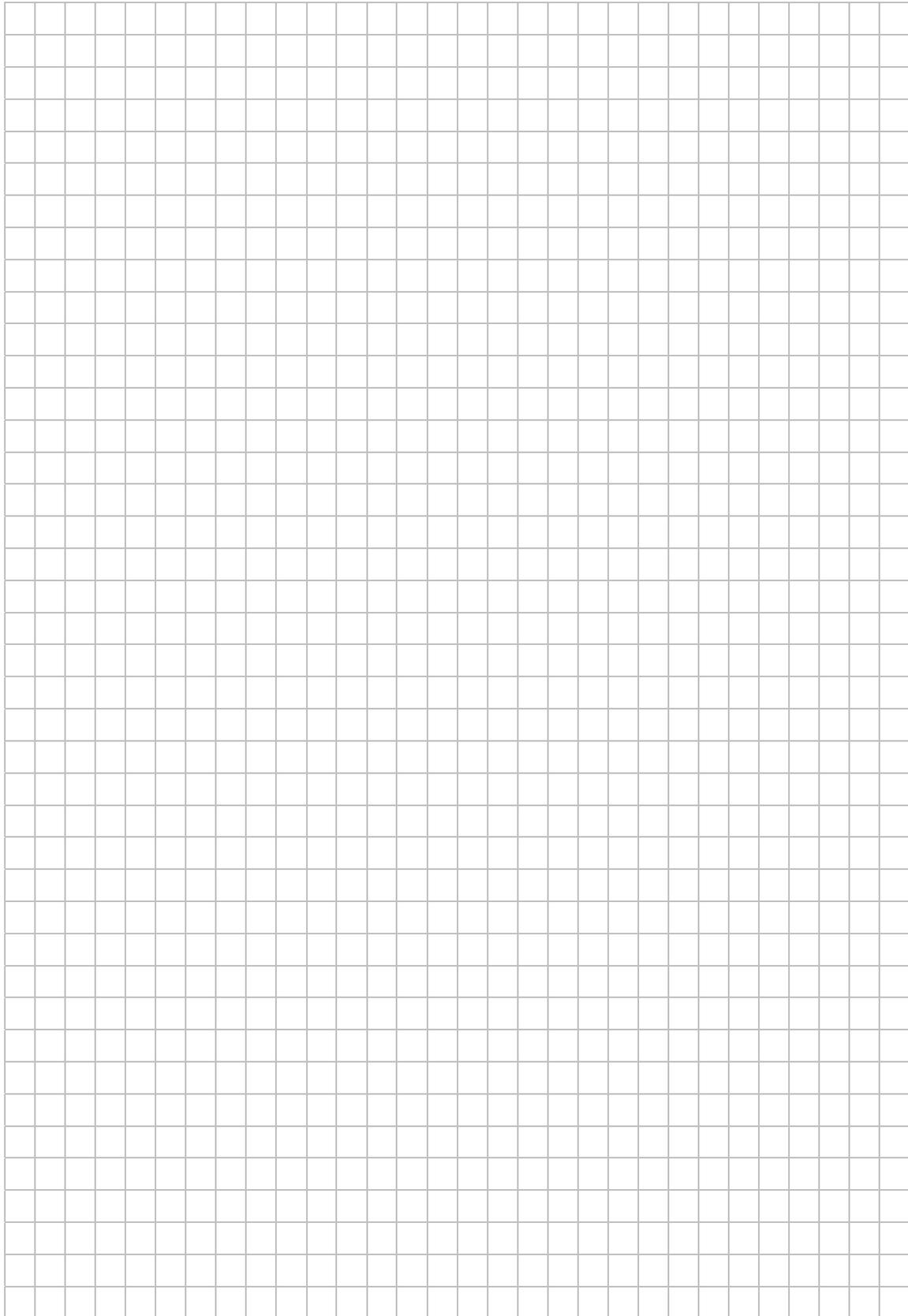
Nr.	Arbeitsschritte	HSM-Inventor	Hinweise
1.2.1	Nullpunkt setzen Rohteilmaße festlegen Programmnummer vergeben	Setup 1	
1.2.2	Oberseite Planfräsen		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Schaftfräser: SFR-D12R0 VHM  <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	Planen	Schnittdatenermittlung z. B. über Beiblatt oder <a href="http://www.toolscout.de">www.toolscout.de</a>
1.2.3	Außenkontur schrappen		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Schaftfräser: SFR-D12R0 VHM  <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	2D-Adaptive	
1.2.4	Außenkontur schlichten		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Schaftfräser: SFR-D12R0 VHM  <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	2D-Kontur	

<b>1.2.5</b>	Bohrung D=18H7 schrappen und schlichten		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Schaftfräser: SFR-D12R0 VHM  <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	Bohrfräsen	
<b>1.2.6</b>	Vorbohren für D=6H7		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Spiralbohrer: SB-D5,7 HSS  <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	Bohren	
<b>1.2.7</b>	Bohren D=6,6mm		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Spiralbohrer: SB-D6,6 HSS  <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	Bohren	
<b>1.2.8</b>	Senken D=11mm		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Schaftfräser: SFR-D8R0 VHM  <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	Bohrfräsen	

<b>1.2.9</b>	Entgraten auf Oberseite		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Entgrater / Fasenfräser: FF-D6-90° VHM  <b>Schnittdaten:</b> Vc=                    f <sub>z</sub> =	2D Fase	
<b>1.2.10</b>	Fase 2mm und 1mm		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Entgrater / Fasenfräser: FF-D6-90° VHM  <b>Schnittdaten:</b> Vc=                    f <sub>z</sub> =	2D Fase	
<b>1.2.11</b>	Nullpunkt setzen		
	Rohteilmaße festlegen Programmnummer vergeben	Setup 2	
<b>1.2.12</b>	Unterseite Planfräsen		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Schaftfräser: SFR-D12R0 VHM  <b>Schnittdaten:</b> Vc=                    f <sub>z</sub> =	Planen	

<b>1.2.13</b>	Nut schrappen		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Schaftfräser: SFR-D8R0 VHM  <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	2D-Adaptive	
<b>1.2.14</b>	Nut schlichten		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Schaftfräser: SFR-D8R0 VHM  <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	2D-Kontur	
<b>1.2.15</b>	Entgraten auf Unterseite		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Entgrater / Fasenfräser: FF-D6-90° VHM  <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	2D Fase	
<b>1.2.16</b>	G-Code generieren		
		Postprozess	

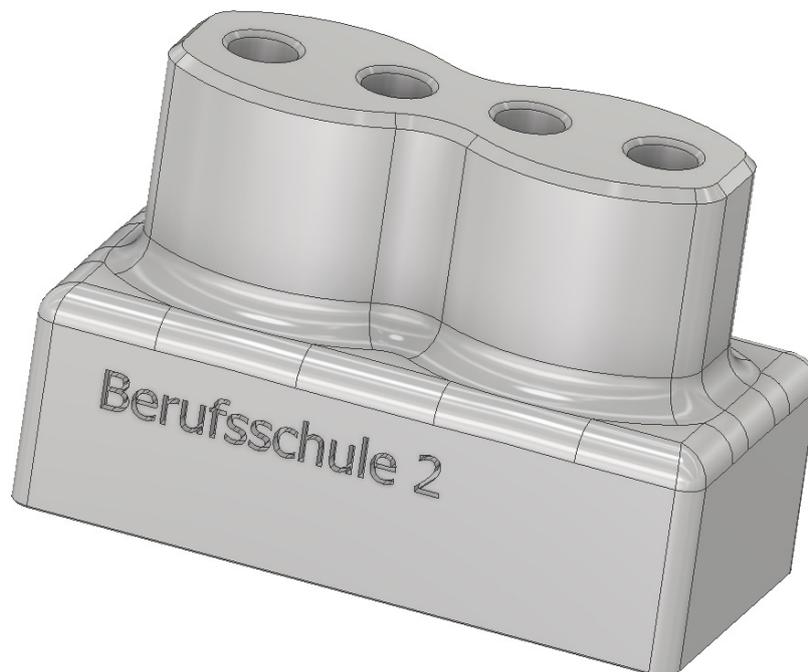
**Notizen**



## LAB 03 - STIFTEHALTER – 3D

### Szenario

Oft werden z. B. kleine Geschenke/Werbegeschenke für Gäste/Besucher mit einem Firmenlogo benötigt. Als einfaches und nützliches Bauteil bietet sich ein Stiftehalter/Briefbeschwerer an. Mit Hilfe der 3D-Strategien können Sie komplexere dreidimensionale Objekte recht einfach erstellen. Sie haben dann auch die Möglichkeit die entsprechende Formen und Texte schnell und einfach anzupassen und die für die maschinelle Fertigung benötigten Fräsprogramme zu erzeugen.



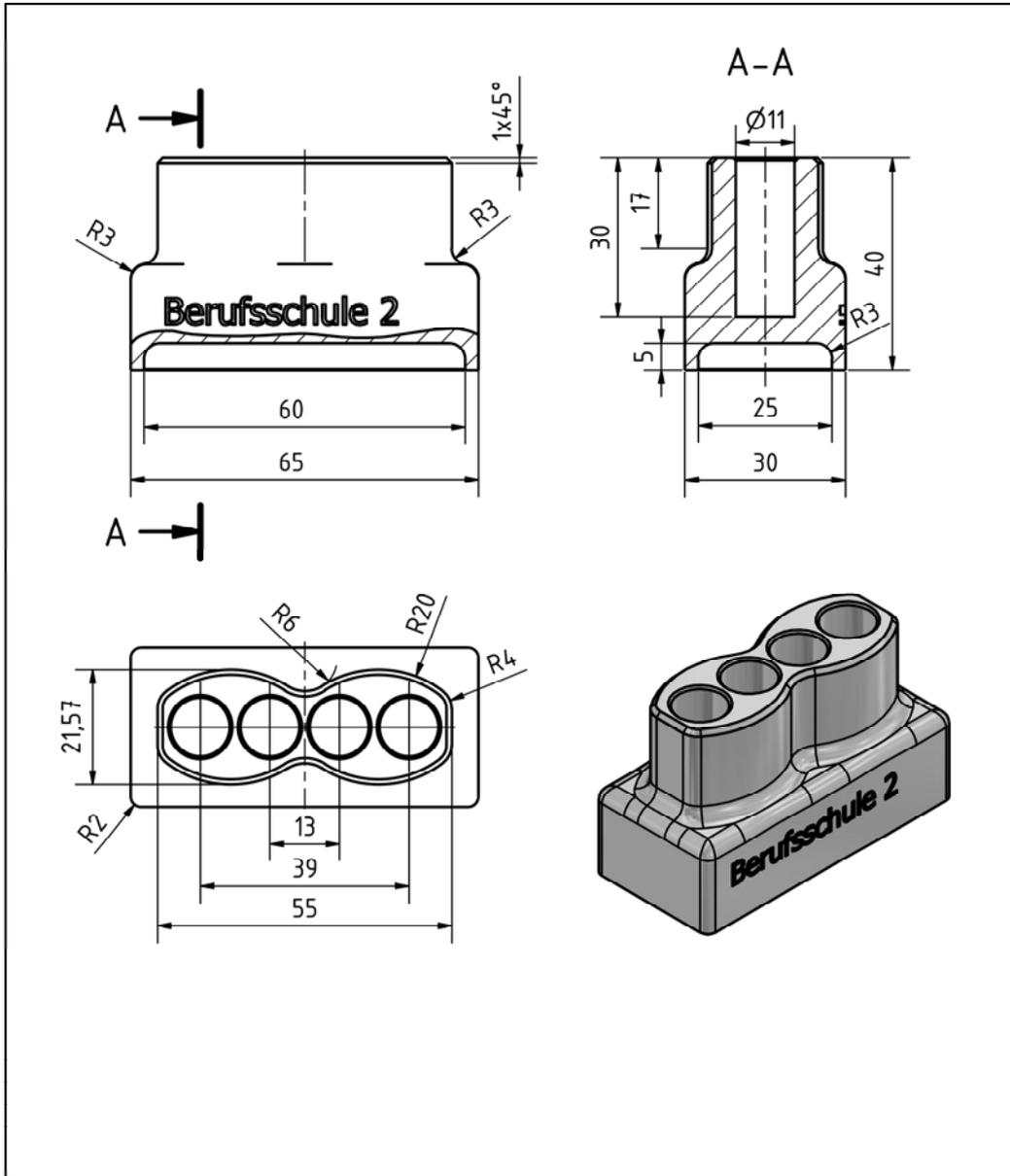
### Aufgaben

Obig abgebildeter Stiftehalter soll gezeichnet werden. Erstellen Sie eine 3 D Modell.

### Bearbeitungshinweise

Entnehmen Sie die notwendigen Technologiedaten der nachfolgenden Gesamtzeichnung mit Bemaßung.

Gesamtzeichnung mit Bemaßung



Werkstückkanten DIN ISO 13715 Allgemeintoleranz ISO 2768 - mK Tolerierung DIN 7167				Oberfläche DIN ISO 1302: 2000	Maßstab: 1:1	(Masse)0,109 kg
		Datum		Name	Werkstoff: Aluminium 6061	
		Bearb. 28.11.2017		Gencel	Titel:	
		Gepr.			Stiftehalter	
		Norm			Baugruppe:	
		Berufsschule 2 Nürnberg			Blatt-Nr.: 1	
					DIN A4	
Zust.	Anderung	Datum	Name	Stiftehalter.ipt		

### Arbeitsplan Stiftehalter –

Nr.	Arbeitsschritte	HSM-Inventor	Hinweise
1.3.1	Nullpunkt setzen Rohteilmaße festlegen Programmnummer vergeben	Setup 1	Rohteil 70 x 50 x 50 mm
1.3.2	Oberseite Planfräsen		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Planfräser: PF-D40R0 Messerkopf <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	Planen	Schnittdatenermittlung z. B. über Beiblatt oder <a href="http://www.toolscout.de">www.toolscout.de</a>
1.3.3	Bohren		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Spiralbohrer: SB-D8R0 HSS <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	Bohren	
1.3.4	Außenkontur schrappen		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Torusfräser: TR-D8R2 VHM <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	3D-Adaptive	

<b>1.3.5</b>	Außenkontur schlichten Oberteil		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Radius-/Kugelfräser KF-D10 VHM  <b>Schnittdaten:</b> Vc=                    f <sub>z</sub> =	3D-Kontur	
<b>1.3.6</b>	Außenkontur schlichten Übergang		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Radius-/Kugelfräser KF-D10 VHM  <b>Schnittdaten:</b> Vc=                    f <sub>z</sub> =	3D-Parallel	
<b>1.3.7</b>	Außenkontur schlichten Fuß		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Radius-/Kugelfräser KF-D10 VHM  <b>Schnittdaten:</b> Vc=                    f <sub>z</sub> =	3D-Kontur	
<b>1.3.8</b>	Umspannen		
<b>1.3.9</b>	Nullpunkt setzen		
	auf Modellrahmen Rohteilmaße festlegen	Setup 2	

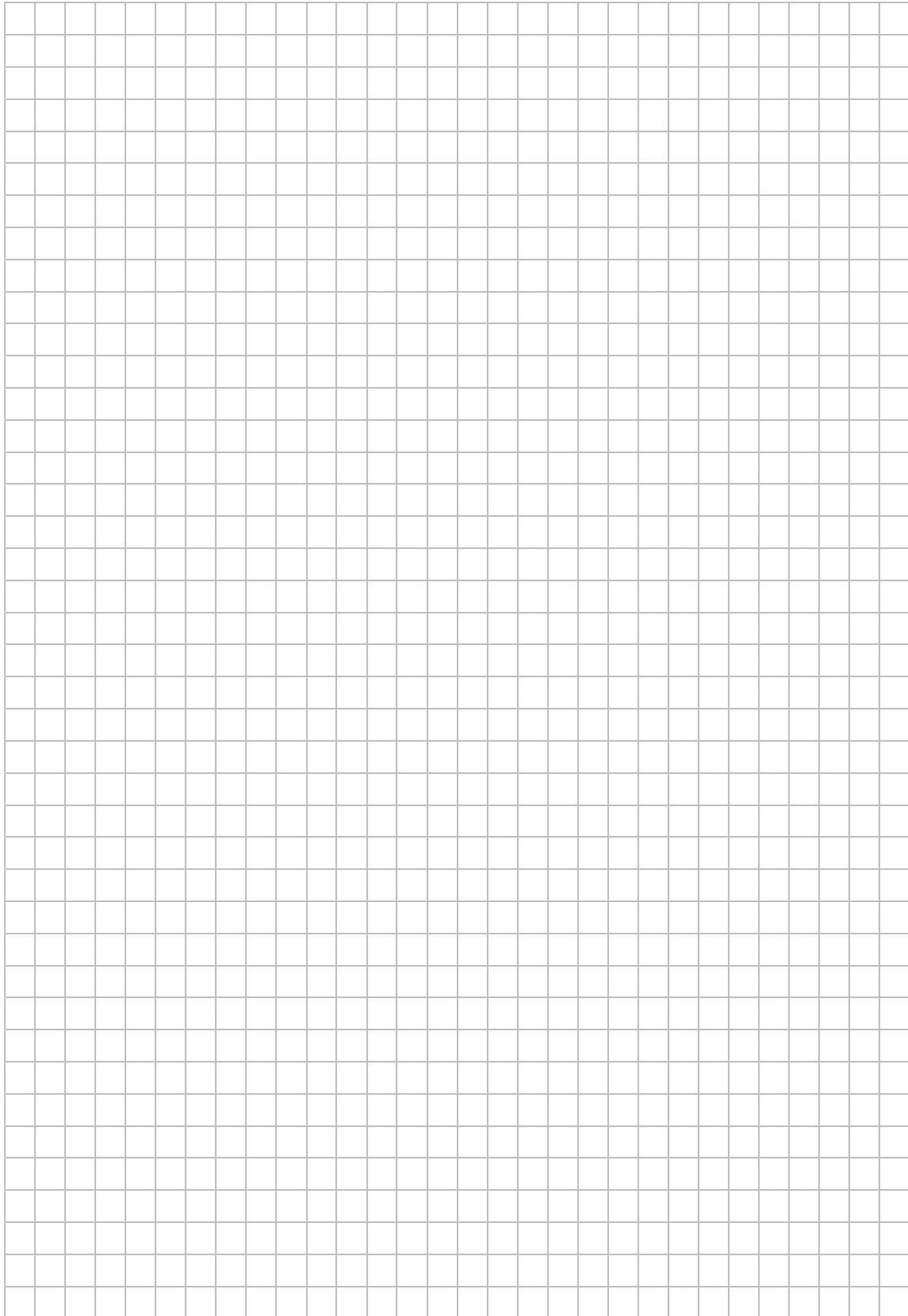
<b>1.3.10</b>	Planfräsen		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Planfräser: PF-D40R0 Messerkopf <b>Schnittdaten:</b>	Planen	
<b>1.3.11</b>	Tasche fräsen		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Torusfräser: TR-D8R2 VHM <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	3D Tasch	
<b>1.3.12</b>	Tasche Schlichten		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Radius-/Kugelfräser KF-D10 VHM <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	3D Kontur	
<b>1.3.13</b>	Entgraten		
	<b>Werkzeugauswahl:</b> Entgrater / Fasenfräser: FF-D6-90° VHM <b>Schnittdaten:</b> $V_c =$ $f_z =$	2D Fase	

<b>1.3.14</b>	Umspannen		
<b>1.3.15</b>	Nullpunkt setzen		
	auf Modellrahmen Rohteilmaße festlegen	Setup 3	
<b>1.3.16</b>	Text Gravieren		
	Gravierfräser: GF-D4-60° VHM  <b>Schnittdaten:</b> Vc=                    f <sub>z</sub> =	Gravieren	
<b>1.3.17</b>	G-Code generieren		
		Postprozess	

## Einbettung in den Unterricht

<b>Grundlegende Informationen</b>
<b>Beruf:</b> Industriemechaniker/Industriemechanikerin
<b>Jahrgangsstufe:</b> 12
<b>Lernfeld:</b> Fertigungstechnik – Planen und Realisieren technischer Systeme
<b>Thema:</b> CNC-Programmerstellung mit Hilfe einer CAD/CAM-Software
<p><b>Kernkompetenz des Lernfeldes:</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler planen und realisieren technische Systeme. Sie analysieren Projektaufträge und definieren Ziele.</p> <p>Sie übernehmen die Projektorganisation, dokumentieren den Projektfortschritt, analysieren und bewerten den Verlauf und leiten notwendige Maßnahmen ein.</p>
<p><b>Ausgewählte Teilkompetenzen der Lernsituation</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler ...</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ konstruieren einen Stifthalter in 3D.</li> <li>➤ erstellen fertigungsgerechte Unterlagen.</li> <li>➤ wenden aktuelle CAD / CAM-Software an um daraus das dazugehörige CNC-Programm zu generieren.</li> <li>➤ besprechen, diskutieren und optimieren das generierte CNC-Programm</li> <li>➤ fertigen den Stifthalter an der CNC-Maschine und überprüfen und reflektieren die Ergebnisse.</li> </ul>
<b>Geschätzter Zeitumfang: 60 Minuten</b>

**Notizen**



# FORTBILDUNGSMODULE

