

Beispiele für eine Ausbildungsaufgabe: Fachrichtung „Bauteile“

A. Herstellung eines Briefhalters

„Fertigen Sie einen Briefhalter aus PMMA entsprechend der Zeichnung an. Die beiden seitlichen Schenkel können in der Form selbst gestaltet werden. Bitte beachten Sie eine eventuelle spätere Weiterbearbeitung!“

Einsatz: 1. bis 18. Ausbildungsmonat

Ziel: Anwenden von Umformverfahren für thermoplastische Kunststoffe (Abschn. A, Nr. 2 ARP)

Die farbigen Strich-Zweipunktlinien

1	U-Profil		PMMA	1	Tfl. 5x130x220
				<small>Proc</small>	

Informationen

Informationen zu den auszuführenden Tätigkeiten finden Sie

- in Normen, Richtlinien und Fachbüchern
- im Tabellenbuch
- in Betriebsanweisungen
- durch Einweisungen und Hilfestellung des Ausbilders

zu A. Informationen zum Umformen von Kunststoffen – Zustandsbereiche von Kunststoffen

Amorphe Thermoplaste

Die amorphen Thermoplaste haben einen festen, thermoelastischen und thermoplastischen Zustandsbereich. Ab einer bestimmten Temperatur beginnt die Zersetzung des Werkstoffes. Die Raumtemperatur liegt im festen Bereich.

Zustandsbereiche der amorphen Thermoplaste				
Zustandsform	fest	thermoelastisch	thermoplastisch	Zersetzung
molekulare Struktur	ineinander verschlungene Makromoleküle	Makromoleküle gegeneinander verschiebbar	Makromoleküle ineinander verschiebbar	molekularer Abbau des amorphen Thermoplasten
	zwischenmolekulare Bindungskräfte sind groß	zwischenmolekulare Bindungskräfte herabgesetzt	zwischenmolekulare Bindungskräfte weitgehend aufgehoben	
Verarbeitung und Bearbeitung	spanendes und spanloses Trennen	Umformen: Druck-, Zug- und Zugdruckumformen	Umformen: Spritzgießen, Extrudieren, Pressen, Schäumen, Kalandrieren, Rotationsformen usw.	
	lösbares und unlösbares (Kleben) Fügen			
	Oberflächenveredlung		unlösbares Fügen (Schweißen)	

Kurzzeichen

Die Kunststoffe werden nach ihrem chemischen Namen benannt, und hierzu gibt es genormte Abkürzungen. Dazu kommt noch eine Vielzahl von Handelsnamen, unter denen viele Kunststoffe besser bekannt sind.

Bezeichnung der Kunststoffe	
Chemischer Name	Kurzzeichen
Polyamid	PA
Polycarbonat	PC
Polyethylen	PE
Polyethylen, hohe Dichte	PE-HD
Polyethylen, niedrige Dichte	PE-LD
Polyethylen, mittlere Dichte	PE-MD
Phenol-Formaldehyd	PF
Polymethylmethacrylat	PMMA
Polypropylen	PP
Polystyrol	PS
Polystyrol, expandierbar	PS-E
Polytetrafluorethylen	PTFE
Polyvinylchlorid	PVC
Polyvinylchlorid, chloriert	PVC-C
Polyvinylchlorid, hochschlagzäh	PVC-HI
Polyvinylchlorid, weichmacherhaltig	PVC-P
Polyvinylchlorid, weichmacherfrei	PVC-U

Kunststoffbearbeitung

Unter Bearbeitung von Kunststoffen versteht man z. B. das Bearbeiten von Halbzeugen zu Bauteilen oder die Nacharbeit von Formteilen.

Spanen von Kunststoffen

Die Formgebung durch spanende Bearbeitung finden wir bei der Herstellung von Einzelteilen, kleinen Serien, Teilen mit komplizierter Form, Kunststoffteilen, die mit anderen Verfahren nicht oder nur schwierig zu fertigen sind, sowie in der handwerklichen Bearbeitung von Kunststoffen. Die sehr unterschiedlichen Eigenschaften der Kunststoffe und mögliche Anteile an Füll- und Verstärkungsstoffen beeinflussen die Spanbarkeit. Nachteile beim Spanen sind z. B.:

- schlechte Wärmeleitfähigkeit
- geringe Temperaturbeständigkeit
- große Wärmedehnung
- Kerbempfindlichkeit

Allgemeine Spanungsbedingungen

Auftretende Temperaturen sind möglichst gering zu halten. Ausbrüche und Riefen sind zu vermeiden. Dies ist zu erreichen durch

- hohe Schnittgeschwindigkeit mit abgestimmtem Vorschub
- kleinen Spanquerschnitt
- guten Spanfluss (scharfe Werkzeugschneiden mit richtiger Schneidengeometrie)
- Kühlen während der Spanarbeit (Trocken- und Nasskühlung je nach Werkstoff)

Zur spanenden Bearbeitung von Kunststoffen können Werkzeuge und Werkzeugmaschinen der Holz- und Metallbearbeitung verwendet werden, wobei die Werkzeuge zum Teil durch Änderung der Schneidengeometrie dem jeweiligen Kunststoff angepasst werden müssen.

Sägen

Zum Sägen von Hand eignen sich bei thermoplastischen Kunststoffen feinzahnige Handsägen. Bei duroplastischen Kunststoffen verwendet man Sägen, deren Sägeblätter mit Diamanten oder Hartmetall bestückt sind. Beim maschinellen Sägen eignen sich für thermoplastische Kunststoffe geschränkte oder mit Hartmetall bestückte Sägeblätter. Für duroplastische Kunststoffe werden überwiegend mit Diamanten bestückte Sägeblätter verwendet.

Feilen

Zum Bearbeiten von Kunststoffen eignen sich handelsübliche Feilen aus der Metallbearbeitung, wobei Feilen der Hiebart 1 vorzuziehen sind, da sich feinere Hiebarten leicht mit Spänen zusetzen. Raspeln aus der Holzbearbeitung sind ebenfalls für die Bearbeitung von thermoplastischen Kunststoffen geeignet, wobei die etwas feinere Kabinettraspeln besser geeignet ist.



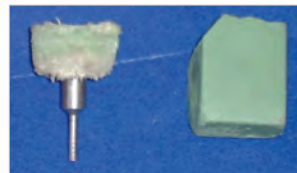
Feilen



Kabinettraspeln

Polieren

Alle Kunststoffe lassen sich polieren. Nach entsprechender Vorarbeit durch Schleifen wird die Oberfläche durch Lappenscheiben und spezielle Polierzusätze zu dem sogenannten Oberflächenglanz bearbeitet.



Polierscheibe mit Polierzusatz



Poliermaschine mit Lappenscheibe

Spanloses Umformen von thermoplastischen Kunststoffen

Das Umformen von thermoplastischen Kunststoffen erfolgt im thermoelastischen Bereich. Hierzu muss der thermoplastische Kunststoff in den jeweiligen thermoelastischen Bereich erwärmt werden. Die Erwärmung erfolgt je nach Umformverfahren im Wärmeschrank, mittels Föhn, Strahler, Gebläse, Heizschienen oder anderer geeigneter Wärmequellen.

Die Formgebung erfolgt durch verschiedene Methoden

- freies Formen von Hand
- Formbiegen mit Positiv- und Negativwerkzeug
- Wickeln um einen Kern mit einem Tuch
- Biegen von Tafeln (Abkanten)
- Prägen mit Stempel
- Tiefziehen mit Stempel
- Streckziehen mit Druckluft und Negativwerkzeug
- Streckziehen mit Vakuum und Negativwerkzeug
- Steckformen mit Druckluft ohne Werkzeug (Freiblasen)

Einige Verfahren sind miteinander kombinierbar. Nach der Formgebung müssen die thermoplastischen Kunststoffe in Zwangslage abkühlen. Nach dem Abkühlen können die geformten Teile, wenn es erforderlich ist, noch spanend bearbeitet werden. Warmgeformte Teile formen sich bei einer erneuten Erwärmung in den thermoelastischen Bereich in ihre ursprüngliche Form zurück.



Warmluftföhn

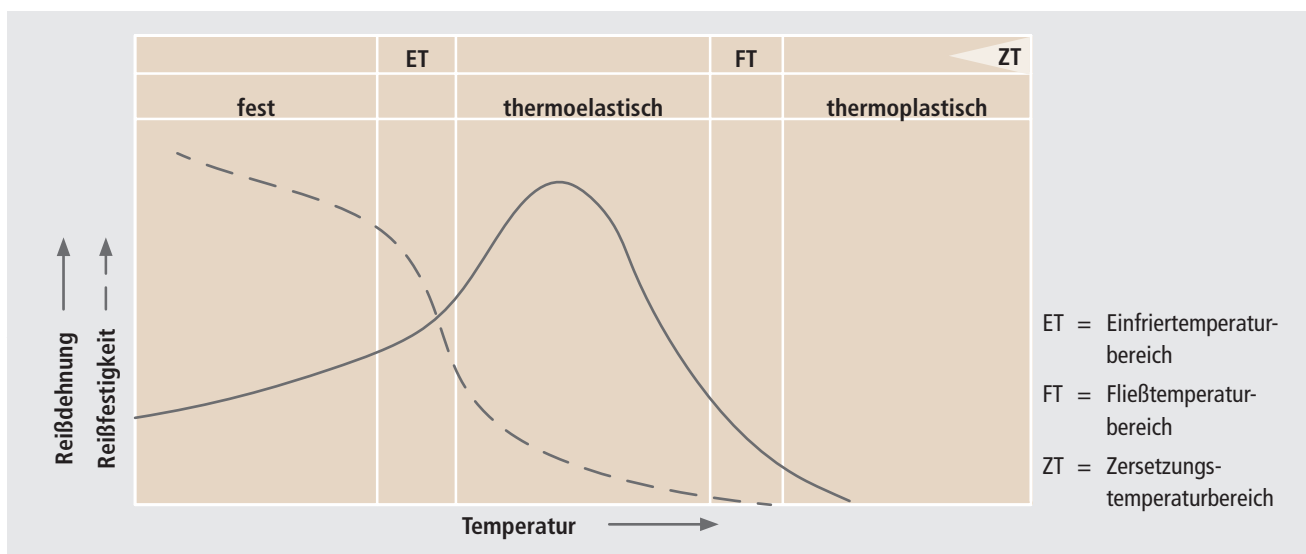


Heizelement zum Abkanten



Wärmeschrank

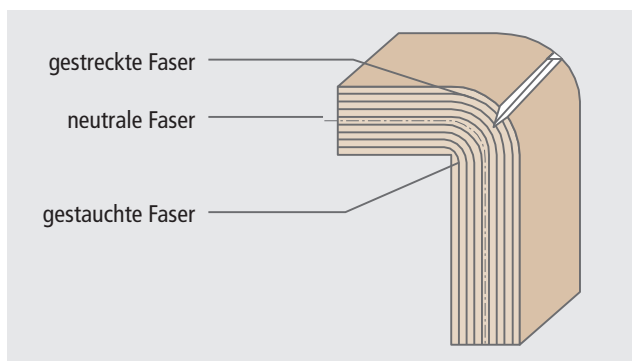
Warmformparameter für Kunststoffe	
Kurzzeichen	Warmformtemperatur in °C
PE-HD	125–130
PMMA	160–180
PP	150–170
PVC-HI	110–140
PVC-U	110–140



Zustandsdiagramm amorpher Thermoplaste

Biegeradius

Kunststoffe sollten nicht scharfkantig abgebogen werden, sonst besteht die Gefahr, dass sie einreißen und brechen. Es muss beim Biegen ein Biegeradius vorhanden sein. Die Größe des Mindest-Biegeradius ist die Materialstärke mit zwei multipliziert. Innen wird das Material gestaucht und außen wird es gedehnt. Hier verändern sich Länge und Form. Etwa in der Mitte bleibt trotz Formänderung die tatsächliche Länge erhalten. Die sogenannte neutrale Faser ist deshalb für eine Berechnung der gesteckten Länge eines Bauteils von Bedeutung. Da sich das Material nicht nur im Biegeumfangsbereich verändert, sondern auch im geraden Bereich, wird hier zur Berechnung der Anwärmzone der Biegeumfang mit dem Faktor 1,3 multipliziert.



Sachfragen

Fachliche Fragen zur Herstellung:

1. In welchem Zustandsbereich erfolgt die Formgebung des Briefhalters?
2. In welchem Temperaturbereich erfolgt die Formgebung des Briefhalters?
3. Benennen und beschreiben Sie die verschiedenen Zonen, die bei einer Biegung entstehen.
4. Welche Zone ist für die Berechnung der gestreckten Länge von Bedeutung?
5. Wie verhält sich ein fertiggestellter Briefhalter, wenn er wieder auf Umformtemperatur erwärmt wird?
6. Wie kann bei einem warmgeformten Winkel, bei dem die erforderlichen 90° nicht eingehalten wurden, korrigiert werden? Beschreiben Sie die Möglichkeiten.

Lösungen:

1. Die Formgebung erfolgt im thermoelastischen Zustandsbereich.
2. Die Formgebung erfolgt bei einer Temperatur von 160 °C bis 180 °C.

Name der Zone	Beschreibung
Gestauchte Zone (Faser)	In der gestauchten Zone wird das Material zusammengedrückt. Es verändert hierbei seine Form und Länge.
Neutrale Zone (Faser)	In der neutralen Zone verändert das Material nur seine Form. Diese Zone ist für eine Berechnung der gestreckten Länge von Bedeutung.
Gestreckte Zone (Faser)	In der gestreckten Zone wird das Material gedehnt. Es verändert hierbei seine Form und Länge.

3.
 4. Für die Berechnung der gestreckten Länge ist die neutrale Zone von Bedeutung.
 5. Ein fertiggestellter Briefhalter wird bei einer Wiedererwärmung in den thermoelastischen Zustandsbereich seine ursprüngliche Form (Form vor dem Warmformen) annehmen.
 6. Nach dem Abkühlen einer Warmformung, kann der Winkel noch korrigiert werden. Hierzu muss die Anwärmzone erneut in den thermoelastischen Zustandsbereich erwärmt werden. Das Material nimmt hierbei, ohne dass eine Kraft aufgewendet wird, seine ursprüngliche Form an. Wenn sich das Material im thermoelastischen Zustandsbereich befindet, kann es erneut in den richtigen Winkel geformt werden. Das Material ist bis zur Abkühlung zu fixieren.

Berechnungen zu A.

Berechnung der gestreckten Länge an einem U-Profil

Beispiel:

Herstellung eines Briefhalters

Aufgabenstellung

Fertigen Sie einen Briefhalter aus PMMA entsprechend der Zeichnung an. Die beiden seitlichen Schenkel können in der Form selbst gestaltet werden. Bitte beachten Sie eventuelle spätere Bearbeitungen!

Die farbigen Strich-Zweipunktlinien sind Vorschläge für die Gestaltung

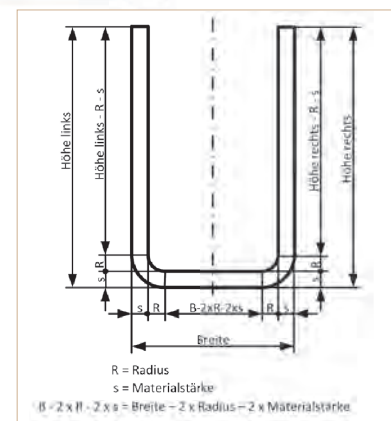
Alle Kanten poliert

1	U-Profil		PMMA	1	Tfl. 5x130x220
Stück	Benennung	Normblatt	Werkstoff	Pos. Nr.	Halbzeuge
Maßstab 1:1	Datum	Name			
	Bearb.				
	Gepr.				
Allgemein Toleranzen ISO 2768-c	Benennung: Briefhalter				Zeichn. Nr.

Informationen

Informationen zu den auszuführenden Tätigkeiten finden Sie:

- In Normen, Richtlinien und Fachbüchern
- Im Tabellenbuch
- In Betriebsanweisungen
- Durch Einweisungen und Hilfestellung des Ausbilders



l_{ges} (Gestreckte Länge) = l₁ + l₂ + l₃ + l₄ + l₅ (Länge₁ + Länge₂ + Länge₃ + Länge₄ + Länge₅)

l₁ = L - R - s (Höhe links - Radius - Materialstärke)

l₁ = 110 mm - 6 mm - 6 mm

l₁ = 98 mm

l₂ = BU (Biegeumfang)

BU = $\frac{dm \times \pi \times \alpha}{360^\circ} \left(\frac{\text{mittlerer Durchmesser} \times \pi \times \text{Winkel}}{360^\circ} \right)$

dm = $2 \times R + 2 \times \frac{s}{2} \left(2 \times \text{Innerer Radius} + 2 \times \frac{\text{Materialstärke}}{2} \right)$

dm = $2 \times 6 \text{ mm} + 2 \times \frac{6 \text{ mm}}{2}$

dm = 12 mm + 6 mm

dm = 18 mm

l₂ = $\frac{18 \text{ mm} \times \pi \times 90^\circ}{360^\circ}$

l₂ = 14,137 mm

l₂ = 14,1 mm

l₃ = L - 2 x R - 2 x s (Breite - 2 x Radius - 2 x Materialstärke)

l₃ = 70 mm - 2 x 6 mm - 2 x 6 mm

l₃ = 46 mm

l₄ = l₂

l₅ = L - R - s (Höhe rechts - Radius - Materialstärke)

l₅ = 110 mm - 6 mm - 6 mm

l₅ = 98 mm

l_{ges} = 98 mm + 14,1 mm + 46 mm + 14,1 mm + 98 mm

l_{ges} = 270,2 mm

D = Außendurchmesser
 d_m = Mittlerer Durchmesser
 d = Innendurchmesser
 R_i = Innenradius
 R_a = Außenradius

Zusätzliche Erklärungen sind blau in der Berechnung eingefügt!

Berechnungen zur Herstellung:

1. Berechnen Sie die gestreckte Länge des Briefhalters in mm.
2. Berechnen Sie den Biegeumfang einer Biegung des Briefhalters in mm.
3. Berechnen Sie die Länge einer Anwärmzone des Briefhalters in mm.

Lösung:**1. Berechnung der gesteckten Länge**

$$\begin{aligned}
 l_{\text{ges}} &= l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 \\
 l_1 &= L - R - s \\
 l_1 &= 80 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \\
 l_1 &= 65 \text{ mm} \\
 l_2 &= \text{BU} \\
 \text{BU} &= \frac{dm \times \pi \times \alpha}{360^\circ} \\
 dm &= 2 \times R + 2 \times \frac{S}{2} \\
 dm &= 2 \times 10 \text{ mm} + 2 \times \frac{5 \text{ mm}}{2} \\
 dm &= 20 \text{ mm} + 5 \text{ mm} \\
 dm &= 25 \text{ mm} \\
 l_2 &= \frac{25 \text{ mm} \times \pi \times 90^\circ}{360^\circ} \\
 l_2 &= 19,634 \text{ mm} \\
 l_2 &= 19,6 \text{ mm} \\
 l_3 &= L - 2 \times R - 2 \times s \\
 l_3 &= 50 \text{ mm} - 2 \times 10 \text{ mm} - 2 \times 5 \text{ mm} \\
 l_3 &= 20 \text{ mm} \\
 l_4 &= l_2 \\
 l_5 &= L - R - s \\
 l_5 &= 80 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \\
 l_5 &= 65 \text{ mm} \\
 l_{\text{ges}} &= 65 \text{ mm} + 19,6 \text{ mm} + 20 \text{ mm} + 19,6 \text{ mm} + 65 \text{ mm} \\
 l_{\text{ges}} &= \mathbf{189,2 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

2. Berechnung des Biegeumfangs

$$\begin{aligned}
 \text{BU} &= \frac{dm \times \pi \times \alpha}{360^\circ} \\
 dm &= 2 \times R + 2 \times \frac{S}{2} \\
 dm &= 2 \times 10 \text{ mm} + 2 \times \frac{5 \text{ mm}}{2} \\
 dm &= 20 \text{ mm} + 5 \text{ mm} \\
 dm &= 25 \text{ mm} \\
 \text{BU} &= \frac{25 \text{ mm} \times \pi \times 90^\circ}{360^\circ} \\
 \text{BU} &= 19,634 \text{ mm} \\
 \text{BU} &= 19,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Berechnung der Anwärmzone

$$\begin{aligned}
 \text{AZ} &= \text{BU} \times 1,3 \\
 \text{BU} &= \frac{dm \times \pi \times \alpha}{360^\circ} \\
 dm &= 2 \times R + 2 \times \frac{S}{2} \\
 dm &= 2 \times 10 \text{ mm} + 2 \times \frac{5 \text{ mm}}{2} \\
 dm &= 20 \text{ mm} + 5 \text{ mm} \\
 dm &= 25 \text{ mm} \\
 l_2 &= \frac{25 \text{ mm} \times \pi \times 90^\circ}{360^\circ} \\
 \text{BU} &= 19,634 \text{ mm} \\
 \text{BU} &= 19,6 \text{ mm} \\
 \text{AZ} &= 19,6 \text{ mm} \times 1,3 \\
 \text{AZ} &= 25,48 \text{ mm} \\
 \text{AZ} &= \mathbf{25,5 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Zeichnungen

Zeichnerische Aufgaben zur Herstellung:

1. Fertigen Sie eine Skizze/Zeichnung des Briefhalters im Maßstab 1:1 vor der Warmformung. Stellen Sie die von Ihnen gewählten Formen der beiden seitlichen Schenkel mit Bemaßung dar.
2. Tragen Sie in die angefertigte Skizze/Zeichnung die Positionen der Anwärmzonen ein.
3. Ermitteln Sie die zulässigen Grenzabmaße, das Mindest-, das Höchstmaß und die Toleranz für die in der Zeichnung angegebenen Nennmaße. Tragen Sie die Angaben in eine Tabelle ein.

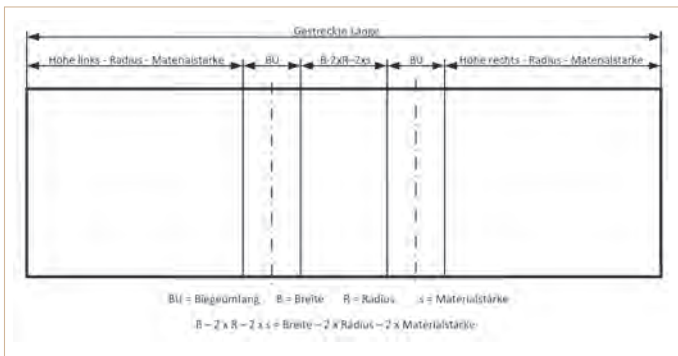
3. Zulässige Abweichungen

Nennmaß	Grenzabmaß	Mindestmaß	Höchstmaß	Toleranz
120	± 0,8	119,2	120,8	1,6
80	± 0,8	79,2	80,8	1,6
50	± 0,8	49,2	50,8	1,6
R10	+ 2	10	12	2

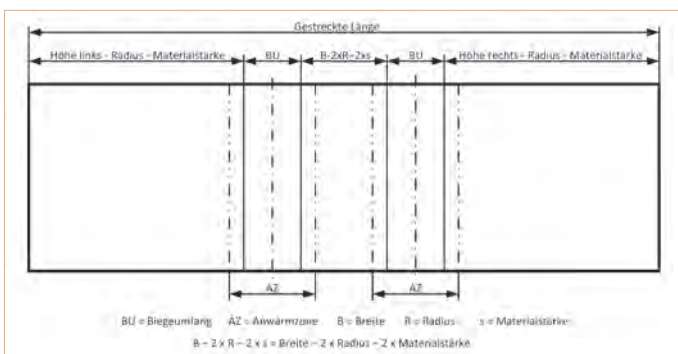
Lösung



1.



2.



Durchführung

Fertigen Sie den Briefhalter mit denen von Ihnen selbst gestalteten seitlichen Schenkeln. Die vorgegebenen Maße in der Zeichnung sind einzuhalten. Eine spanende Formgebung sollte vor den Warmformungen abgeschlossen sein. Die Schnittkanten sind vor den Warmformungen zu polieren. Beachten Sie bei der Gestaltung der Schenkel, dass diese auch bearbeitet werden können, insbesondere die Polierung der Schnittkanten.

Kontrolle

Kontrollieren Sie Ihren Briefhalter durch Sicht- und Maßkontrolle.

Sichtkontrolle:

1. Ausführung der ersten Warmformung
2. Ausführung der zweiten Warmformung
3. Winkligkeit der ersten Warmformung
4. Winkligkeit der zweiten Warmformung
5. Ausführung der Bearbeitung der Schnittkanten
6. Ausführung der Polierung
7. Parallelität der seitlichen Schenkel
8. Lehrenhaltigkeit der Radien

Maßkontrolle:

1. Überprüfen Sie das Maß 80 (rechter seitlicher Schenkel)
2. Überprüfen Sie das Maß 50 (bei Maßangabe)
3. Überprüfen Sie das Maß 50 (gegenüber Maßangabe)
4. Überprüfen Sie das Maß 120 (mittig)
5. Überprüfen Sie das Maß 80 (linker seitlicher Schenkel)

B. Herstellung eines Etikettenhalters aus verschiedenen Kunststoffen

Ziel: Durch diese Aufgabe soll das Herstellen und Montieren von Einzelteilen zu einer Baugruppe geübt werden.

Zeitpunkt: 1.–18. Monat

Arbeitsplan

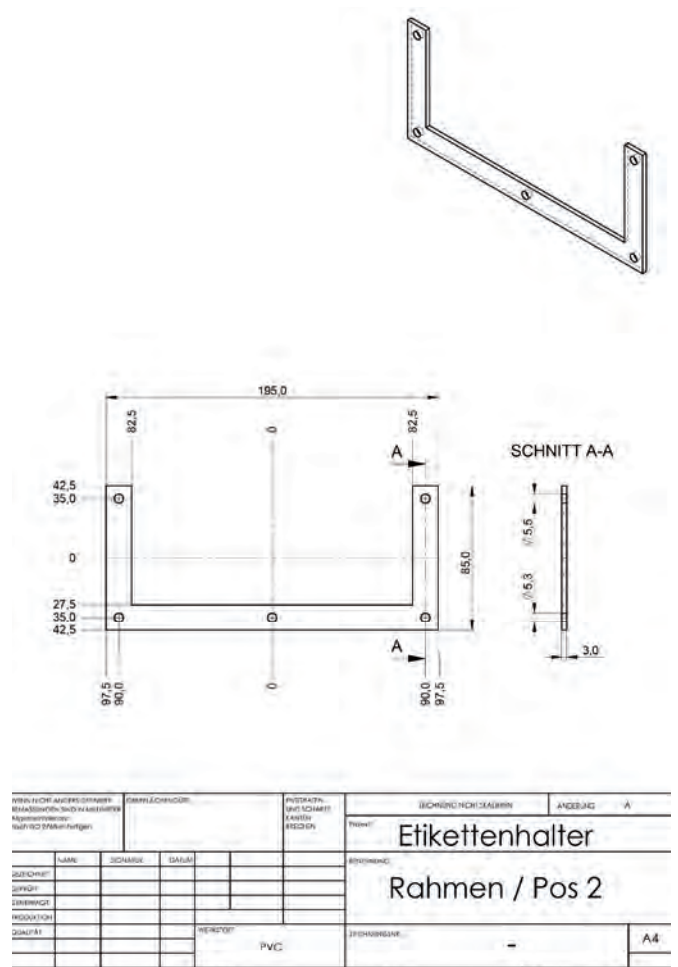
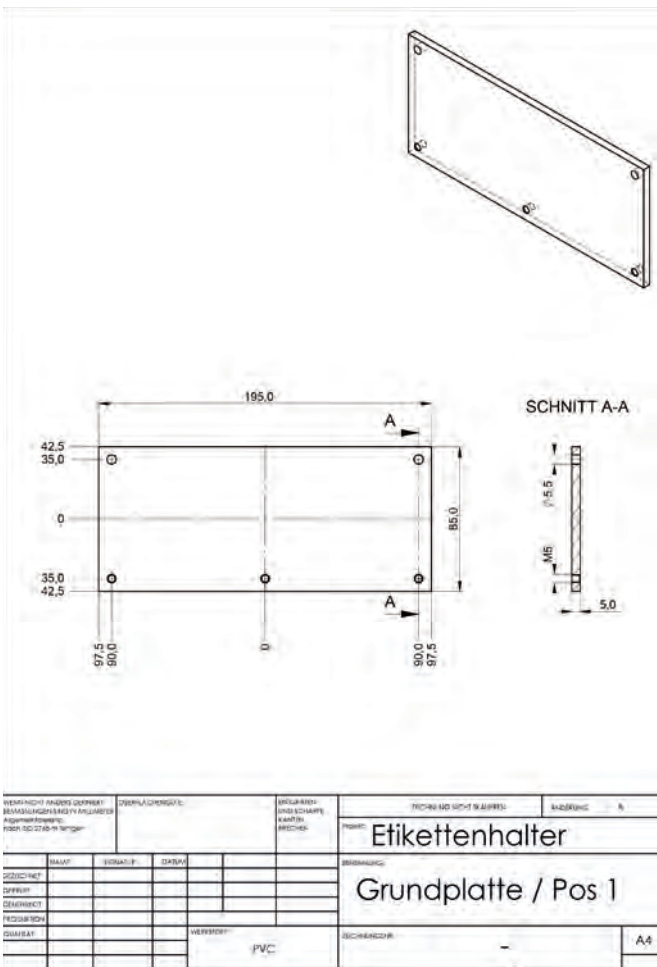
Rohmaterial für Grundplatte, Rahmen und Deckplatte sägen (Bearbeitungszugabe und Werkstoffe beachten)

Herstellen der Grundplatte Pos. 1

- Außenmasse und Winkel z. B. durch Feilen bearbeiten, alle Kanten entgraten,
- Bohrungen anreißen, kornen und bohren (Kernlochbohrung für M 5, Bohrung D 5,5),
- Kernlochbohrungen mit Profilsenker senken, Bohrungen entgraten,
- Gewinde M 5 schneiden.

Herstellen des Rahmens Pos. 2

- Außenmasse und Winkel z. B. durch Feilen bearbeiten,
- Bohrungen anreißen, kornen und bohren (anreißen wie Grundplatte),
- Innenkontur z. B. durch Sägen und Feilen herstellen,
- alle Kanten und alle Bohrungen entgraten (Profilsenker),
- Rahmen kann auch aus drei einzelnen Leisten bestehen, die mit der Grundplatte verklebt werden.

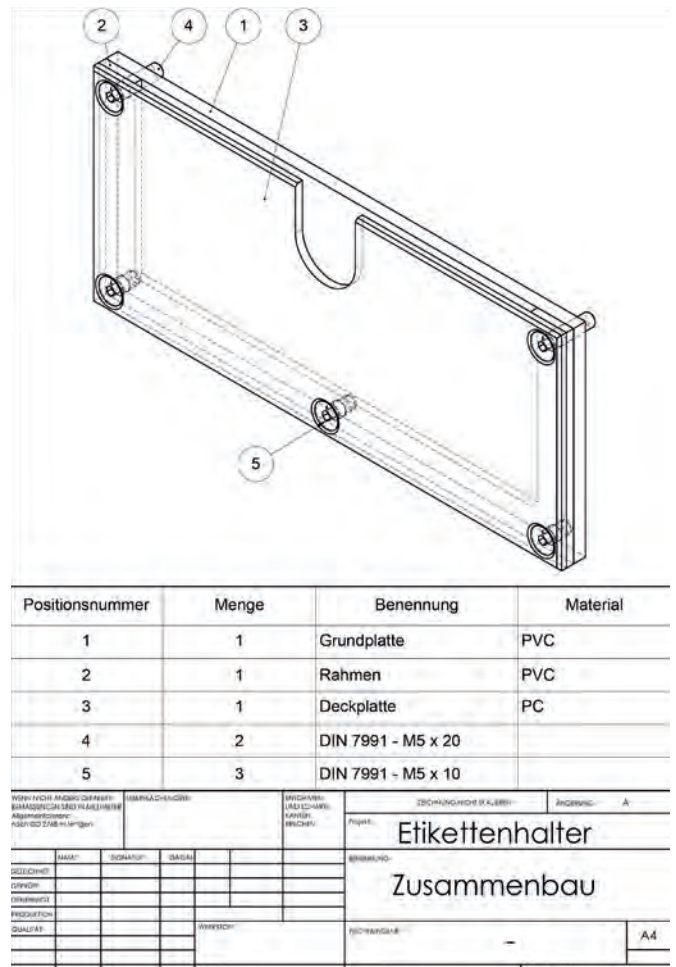
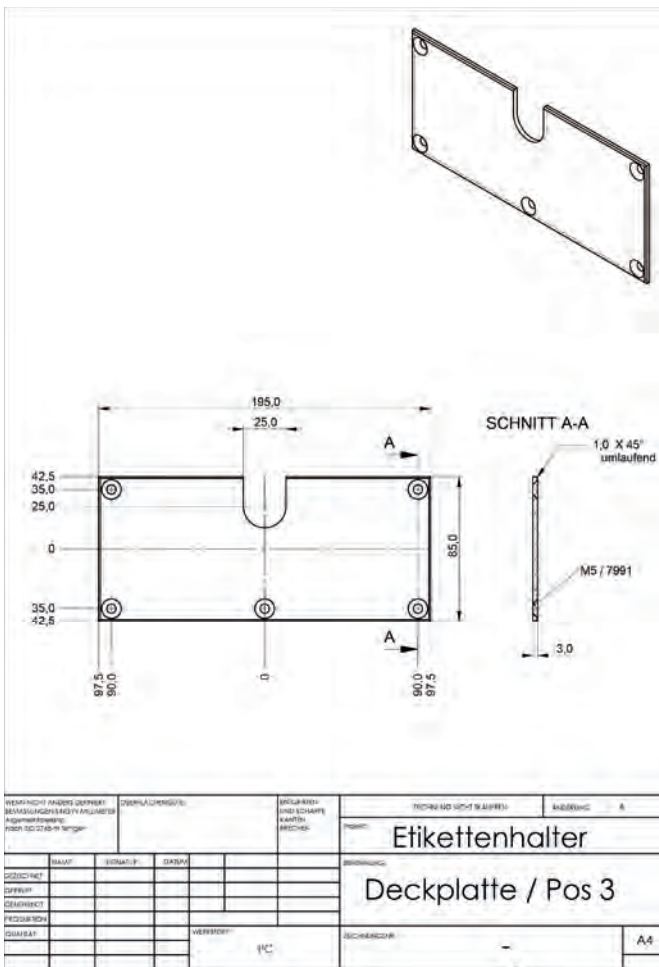


Herstellen der Deckplatte Pos. 3

- Außenmasse und Winkel z. B. durch Feilen bearbeiten,
- Bohrungen anreißen, körnen und bohren (anreißen wie Grundplatte),
- Profilsenkungen nach Norm für Schrauben M 5 (Pos. 4 und 5) einbringen,
- Fase 1,0 x 45 Grad nach Zeichnung anreißen und feilen,
- Griffmulde 25,0 anreißen (Zirkel, Anschlagwinkel), bohren D 25,0, sägen und feilen,
- alle Kanten entgraten.

Montage

- Grundplatte, Rahmen und Deckplatte nach Zeichnung mit Schrauben Pos. 5 verschrauben,
- montierter Etikettenhalter kann mit Schrauben Pos. 4 z. B. an einem Regal oder einer Maschine befestigt werden,
- Messprotokoll für alle Maße anfertigen (Freimaßtoleranzen beachten),
- bei allen Arbeiten auf Sicherheit achten (Unterweisung),
- genormte Angaben aus dem Tabellenbuch entnehmen.



D. Herstellung einer Körnerplatte aus Metall und Kunststoff

Arbeitsplan

- Rohmaterial sägen (Bearbeitungszugabe beachten),
- Außenmasse und Winkel z. B. durch Feilen herstellen,
- Fasen 1,0 x 45 Grad nach Zeichnung anreißen und feilen,
- fehlende Masse errechnen,
- alle Körnerreihen, Abstände und Durchmesser nach Zeichnung anreißen,
- Körnerpunkte an den Schnittpunkten setzen, mit D 0,3 beginnen (zum Ansetzen des Körners kann eine Lupe verwendet werden),
- Körnerpunkte D 0,3 mit Lupe beurteilen,
- bei Abweichungen vom Zentrum: Körnerpunkt korrigieren.

Die Übung soll zum genauen Arbeiten anleiten. Die Herstellung aus Metall und Kunststoff soll z. B. die unterschiedliche Härte der Werkstoffe vermitteln. Bei allen Arbeiten auf Sicherheit achten (Unterweisung)!

Zeichnung – untere Ansicht:

Je zwei Reihen D 0,3, D 0,6 und D 1,0 Körner (bei allen Körnerdurchmessern mit D 0,3 Vorkörnern).

Zeichnung – obere Ansicht:

Körnerpunkte an Schnittpunkten der Durchmesser, Reihen usw. nach Zeichnung setzen, abschließend alle Körnungen mit Lupe überprüfen.

