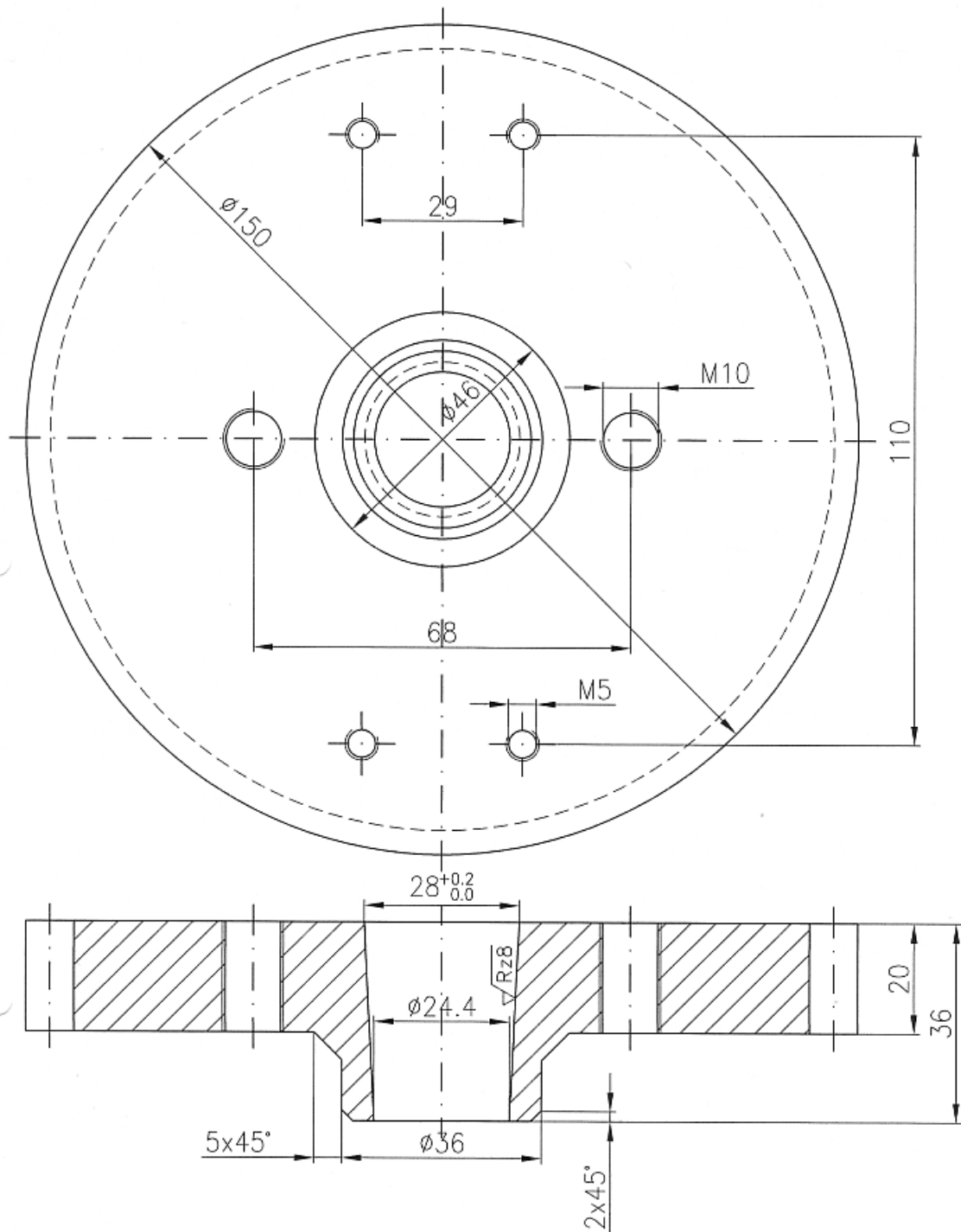


Gestaltung eines Schmiedeteiles

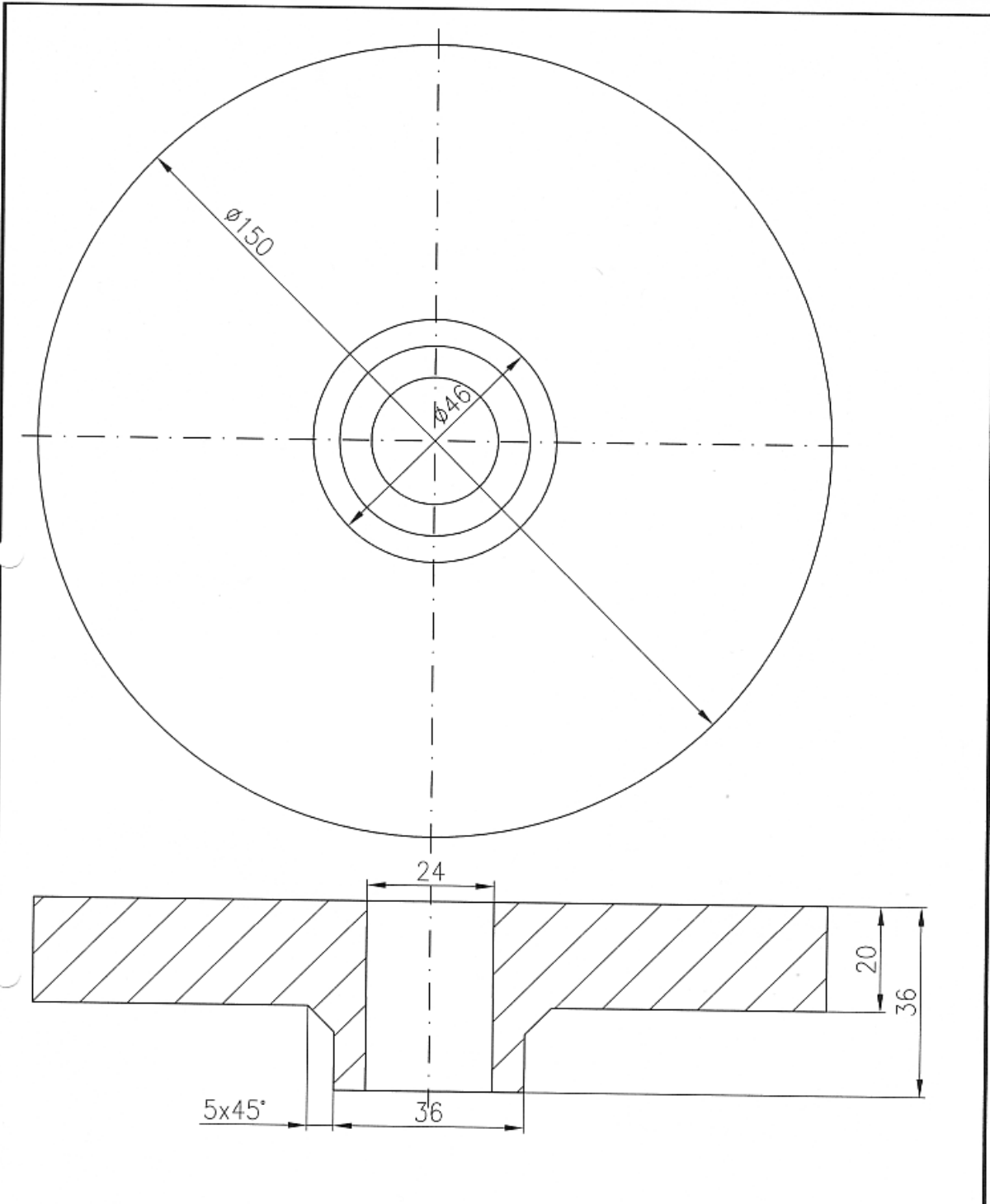
Vorlesung: FT2 – Umformtechnik bei Prof. Thoms
Zeichnungsnummer:

Bearbeiter:
Matrikelnummer:
Studiengang:
Datum:

Inhaltsverzeichnis:	Fertigteilzeichnung	S. 1
	Entfeinerte Struktur	S. 2
	Bearbeitungszugaben	S. 3
	Schmiedegerechte Gestaltung	S. 4
	Masseberechnungen	S. 5
	Hüllkörperberechnung	S. 5
	Skizzen zu Gewichtsrechnung	S. 6
	Stoffschwierigkeit	S. 7
	Feingliedrigkeit	S. 7
	Toleranzen und Abweichungen	S. 7
	Formenkennzahl	S. 7
	Masse/Volumen der Ausgangsform	S. 7
	Kriterien zur Schmiedefehlerverm.	S. 8
	Richtung des Werkstoffflusses	S. 8
	Gratraumabmessungen	S. 9
	Kraftbedarf	S. 9
	Arbeitsbedarf	S. 10
	Maschinenauswahl	S. 10



(Verwendungsbereich)	(Zul. Abw.)	(Oberfl.)	Maßstab 1:1	(Gewicht) 2.56kg
		Rz20	(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr) (Modell- oder Gesenk-Nr)	16MnCr5
		Datum	Name	Zahnrad - Fertigteil
		Bearb.		
		Gepr.		
		Norm		
				Blatt
				Blätter
Zust	Änderung	Datum	Name	Ursprung
				Ersatz für:
				Ersatz durch:



(Verwendungsbereich)		(Zul. Abw.)	(Oberfl.)	Maßstab 1:1	(Gewicht)
				(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr) (Modell- oder Gesenk-Nr)	
			Datum	Name	Zahnrad - Entfeinert
		Bearb.			
		Gepr.			
		Norm			
					Blatt
Zust	Anderung	Datum	Name	Ursprung	Ersatz für: Ersatz durch: Blätter

Bearbeitungszugaben:

(Anhang S. 6)

Bauteilhöchstmaß: 157mm > 100-160mm

Seitenschrägen:

(Anhang S. 6)

Hammer ohne Auswerfer: Innenschrägen: $\sphericalangle_1 = 6^\circ$
 Außenschrägen: $\sphericalangle_2 = 4^\circ 30'$

Kantenrundung rK:

(Anhang S. 7)

12mm über Teilungsebene >00-16mm **rK₁ = 4mm**
28mm über Teilungsebene >16-40mm **rK₂ = 5mm**

Innere Hohlkehlen rI:

(Anhang S. 7)

größter Durchmesser 157mm > 100-160mm
Absatzhöhe 17.5mm > 16-40mm **rI = 14mm**

aus konstruktiven Gründen wurde der Radius auf **rI = 7mm** reduziert

Innere Hohlkehlen rA:

(Anhang S. 7)

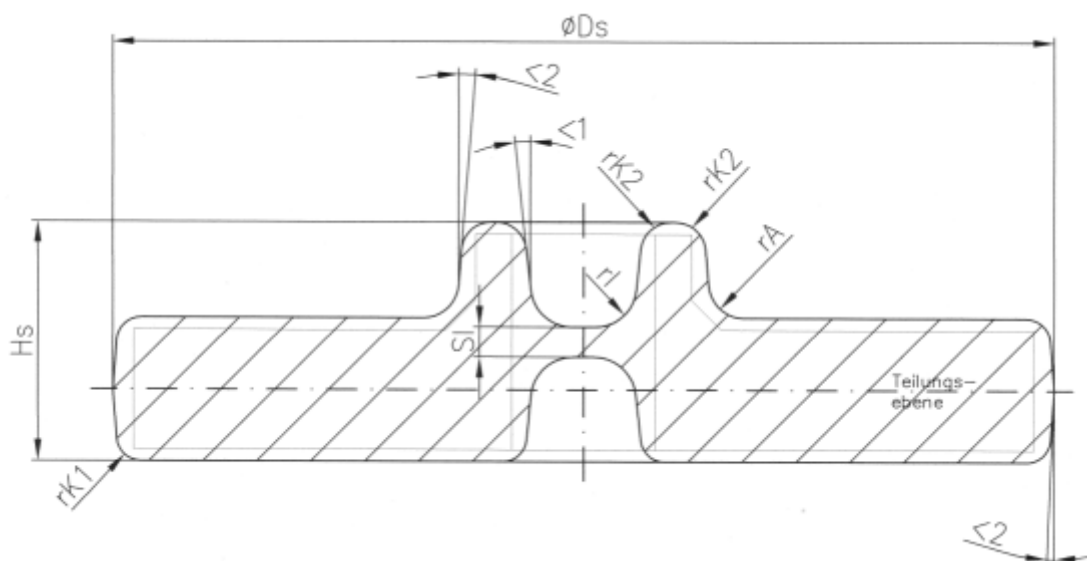
größter Durchmesser 157mm > 100-160mm
Absatzhöhe 12mm > 00-16mm **rA = 8mm**

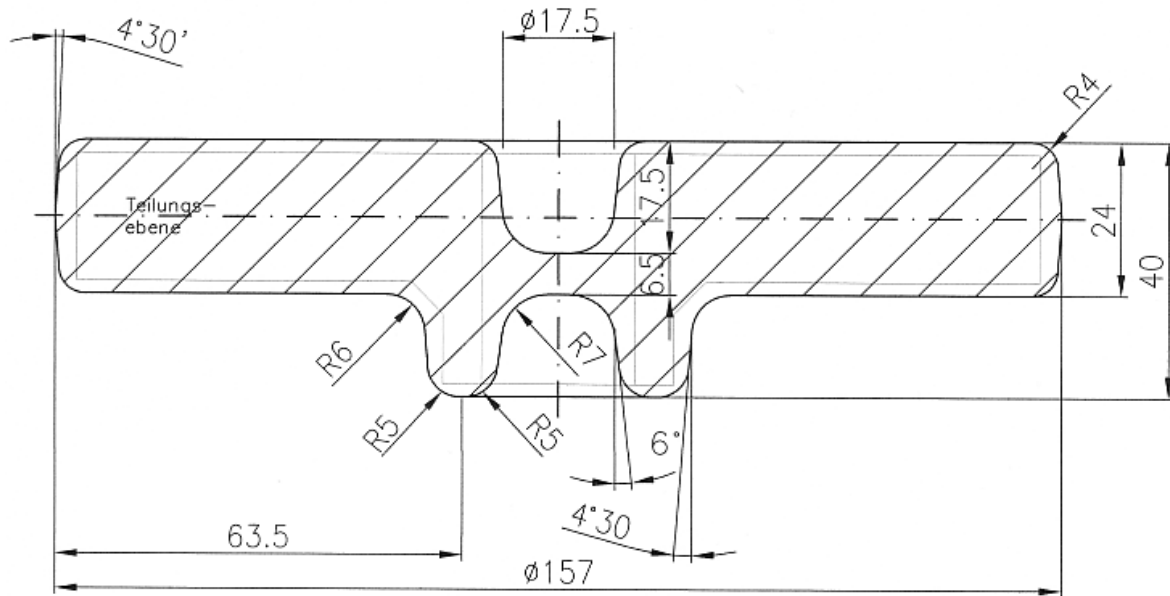
Lochspiegel:

(Anhang S. 8)

Durchmesser 17.5mm > 00-25mm **s_L = 3mm**

um $d/h \geq 1$ zu erhalten und damit der Rohling sicher in der unteren Gravurhälfte stehen kann, wurde **s auf 6.5mm** gesetzt





(Verwendungsbereich)	(Zul. Abw.)	(Oberfl.)	Maßstab 1:1	(Gewicht) 3.72kg
			(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr) (Modell- oder Gesenk-Nr)	16MnCr5
		Datum	Name	Zahnrad - schmiedegerecht
		Bearb.		
		Gepr.		
		Norm		
				Blatt
				Blätter
Zust	Änderung	Datum	Name Ursprung	Ersatz für:
				Ersatz durch:

Masseberechnungen:

1. Fertigteilmasse m_{fges} :

$$m_{\text{ges}} = \rho_{\text{Stahl}} * V_{\text{ges}}$$

$$\text{mit } V_{\text{ges}} = V_{\text{krp1}} + V_{\text{krp2}} + V_{\text{krp3}} - V_{\text{loch}} - V_{\text{bohr}} \quad \rho_{\text{Stahl}} = 7.85 \text{gcm}^{-3}$$

$$V_{\text{krp1}} = \pi/4 * (15.0 \text{cm})^2 * 2.0 \text{cm} = 353.43 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{krp2}} = \pi/4 * (10.3 \text{cm})^2 * 1.6 \text{cm} = 131.68 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{krp3}} = \pi/4 * 0.5 * (4.6 \text{cm} - 3.6 \text{cm})^2 * 0.5 \text{cm} = 0.79 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{loch}} = \pi/4 * (0.5 * (2.8 \text{cm} + 2.44 \text{cm}))^2 * 3.6 \text{cm} = 38.81 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{bohr}} = \pi/4 * (2 * (1 \text{cm})^2 + 4 * (0.5 \text{cm})^2) * 2.0 \text{cm} = 4.71 \text{cm}^3$$

$$\text{damit } V_{\text{fges}} = 326.4 \text{cm}^3$$

$$\text{und } m_{\text{fges}} = 2562 \text{g} = 2.56 \text{kg}$$

2. Schmiedeteilmasse m_E und Volumen V_{ges} :

$$m_E = \rho_{\text{Stahl}} * V_{\text{ges}}$$

$$\text{mit } V_{\text{ges}} = V_{\text{krp1}} + V_{\text{krp2}} - V_{\text{loch}} \quad \rho_{\text{Stahl}} = 7.85 \text{gcm}^{-3}$$

$$V_{\text{krp1}} = \pi/4 * (15.6 \text{cm})^2 * 2.4 \text{cm} = 458.72 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{krp2}} = \pi/4 * (10.3 \text{cm})^2 * 1.6 \text{cm} = 131.68 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{loch}} = \pi/4 * (1.75)^2 * (1.75 \text{cm} + 1.6 \text{cm}) = 8.42 \text{cm}^3$$

$$\text{damit } V_{\text{ges}} = 473.5 \text{cm}^3$$

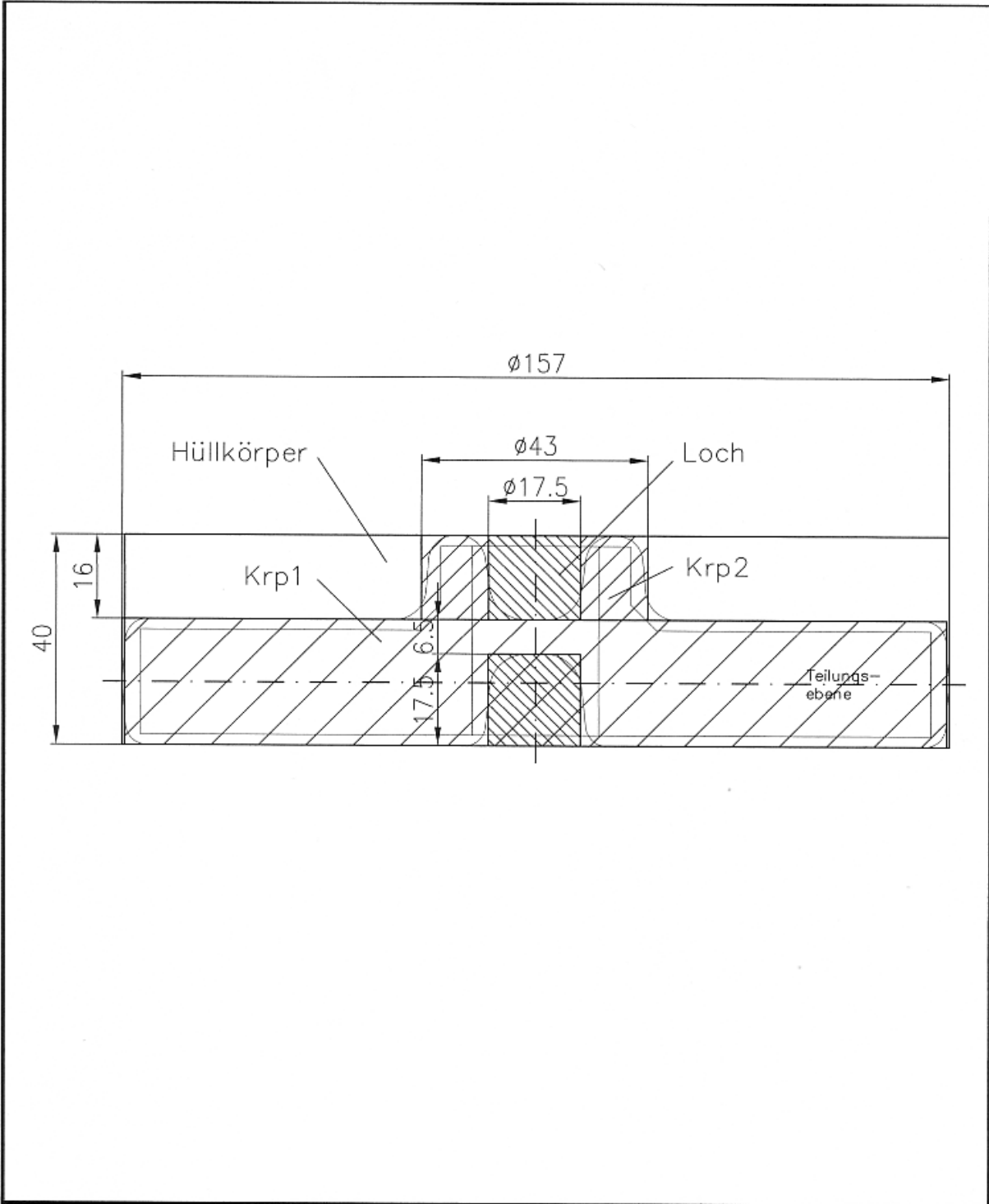
$$\text{und } m_E = 3717 \text{g} = 3.72 \text{kg}$$

3. Hüllkörpermasse m_H und Volumen V_H :

$$\text{umschreibende Kreiszyylinder mit:} \quad \begin{array}{l} d = 15.7 \text{cm} \\ h = 10.0 \text{cm} \end{array}$$

$$\text{damit } V_H = 774.37 \text{cm}^3$$

$$\text{und } m_H = 6078 \text{g} = 6.08 \text{kg}$$



(Verwendungsbereich)		(Zul. Abw.)	(Oberfl.)	Maßstab 1:1	(Gewicht)
				[Werkstoff, Halbzeug] [Rohteil-Nr] [Modell- oder Gesenk-Nr]	
			Datum	Name	Skizze Gewichtsrechnung
		Bearb.			
		Gepr.			
		Norm			
					Blatt
					Blätter
Zust	Anderung	Datum	Name	Ursprung	Ersatz für: Ersatz durch:

Stoffschwierigkeitsklasse M:
(Anhang S.8)

da 16MnCr5 einen C-Gehalt von 0.2% besitzt und die Anteile an Mn, Cr, C unter 5% liegen liegt das Werkstück in der **Stoffschwierigkeit M1**

Feingliedrigkeitsklasse s:
(Anhang S. 8)

$s = m_S / m_H$
mit $m_S = m_E = 3.72\text{kg}$ und $m_H = 6.08\text{kg}$
 $s = 0.61 >$ damit zwischen 0.32 und 0.63: **Feingliedrigkeitsklasse S2**

Toleranzen und Abweichungen für Längen- Breiten und Höhenmaße:
(Anhang S. 8)

mit
 $m_E = 3.72\text{kg}$, M1 und s2

Versatz/Außermittigkeit:

0.8

Gratansatz:

1.0 (+)

Anschnitttiefe:

1.0 (-)

Nennmaßbereiche					
über	32	100	160	250	
bis	32	100	160	250	400
Toleranzen f. Längen-, Breiten- u. Höhenmaße					
1,1	^{+0,7} _{-0,4}	1,2	^{+0,8} _{-0,4}	1,4	^{+0,9} _{-0,5}
1,2	^{+0,8} _{-0,4}	1,4	^{+0,9} _{-0,5}	1,6	^{+1,1} _{-0,6}
1,4	^{+0,9} _{-0,5}	1,6	^{+1,1} _{-0,6}	1,8	^{+1,2} _{-0,7}
1,6	^{+1,1} _{-0,6}	1,8	^{+1,2} _{-0,7}	2,0	^{+1,3} _{-0,7}
1,8	^{+1,2} _{-0,6}	2,0	^{+1,3} _{-0,7}	2,2	^{+1,5} _{-0,7}
2,0	^{+1,3} _{-0,7}	2,2	^{+1,5} _{-0,7}	2,5	^{+1,7} _{-0,8}
2,2	^{+1,5} _{-0,7}	2,5	^{+1,7} _{-0,8}	3,2	^{+2,1} _{-1,1}
				3,6	^{+2,4} _{-1,2}

Toleranzen und Abweichungen für Dickenmaße und Auswerfermarken:
(Anhang S. 9)

mit
 $m_E = 3.72\text{kg}$, M1 und s2

zulässige Auswerfermarken:

2.0

Nennmaßbereiche					
über	0	16	40	63	100
bis	16	40	63	100	160
Toleranzen f. Dickenmaße u. Auswerfermarken					
1,0	^{+0,7} _{-0,3}	1,1	^{+0,7} _{-0,4}	1,2	^{+0,8} _{-0,4}
1,1	^{+0,7} _{-0,4}	1,2	^{+0,8} _{-0,4}	1,4	^{+0,9} _{-0,5}
1,2	^{+0,8} _{-0,4}	1,4	^{+0,9} _{-0,5}	1,6	^{+1,1} _{-0,6}
1,4	^{+0,9} _{-0,5}	1,6	^{+1,1} _{-0,6}	1,8	^{+1,2} _{-0,7}
1,6	^{+1,1} _{-0,6}	1,8	^{+1,2} _{-0,7}	2,0	^{+1,3} _{-0,7}
1,8	^{+1,2} _{-0,6}	2,0	^{+1,3} _{-0,7}	2,2	^{+1,5} _{-0,7}
				2,5	^{+1,7} _{-0,8}
				2,8	^{+1,9} _{-0,8}

Formenkennzahl FKZ:
(Anhang S. 9)

$B = 157, h = 40\text{mm} >$ da $b > h$ folgt
mit einseitige Nebenformelementen
mit Nabe und Loch
damit **Formenkennzahl = 213**

Formenklasse 2
Formengruppe 1
Untergruppe 3

Masse m_A und Volumen V_A der Ausgangsform:
(Anhang S. 10)

Bestimmung des Werkstoffbedarfsfaktors w für: $m_E = 3.72\text{kg}$
 $FKZ = 213$

damit $w = 1.19$

$m_A = w * m_E = 1.19 * 3.72\text{kg} = 4.43\text{kg}$

$V_A = m_A / \rho_{\text{Stahl}} = 4427\text{g} / 7.85\text{gcm}^{-1} = 563.9\text{cm}^3$

Kriterien zur Vermeidung von Schmiedefehlern:

(Anhang S. 12)

Festlegung: $d_0 = 100\text{mm}$
 $V_A = 563.9\text{cm}^3 = 563\,949\text{mm}^3$

damit $h_0 = (4 * V_A) / (\pi * d_0^2)$
 $= 71.8\text{mm} > \text{Wahl: } h_0 = 75\text{mm}$

damit $V_0 = 589.0\text{cm}^3 = 589\,049\text{mm}^3$
 $m_0 = 4.62\text{kg} > m_A = 4.43\text{kg} \text{ OK}$

1. Stauchen:

$h_0 / d_0 = 0.75 > 0.7 > \text{Stauchen notwendig}$

Stauchen auf $h_1 = 60\text{mm}$, damit $d_1 = 111.8\text{mm}$

$h_1 / d_1 = 0.54 \text{ OK}$

2. Vermeidung von Stichbildung:

mit $D_i = 17.5\text{mm}$ und $D_a = 43\text{mm}$

$d_1 \geq (3.6 - 3.75 * D_i / D_a) * D_i = 36.3\text{mm} < d_1 \text{ OK}$

3. Sicherung der Gravurausfüllung:

mit $L_S = H_S = 40\text{mm}$ und $D_S = B_S = 157\text{mm}$

$h_1 / d_1 \geq 0.14 + 0.12 * (L_S / D_S) + 1.36 * (L_S / D_S)^2 = 0.26 < h_1 / d_1 \text{ OK}$

4. Vermeidung der Ausknickung:

$h_1 / d_1 = 0.54 < 2.5 \text{ OK}$

Richtung des Werkstoffflusses:

(Anhang S. 12)

$h_0 / d_0 > h_1 / d_1 > h_S / d_S$
 $0.75 > 0.54 > 0.25 > \text{vorwiegend breitend}$

Gratraumabmessungen:

(Anhang S. 17+18)

mit $m_E = 3.72\text{kg}$ und vorwiegend breitenen Werkstoff	s	= 3.30mm
	b/s	= 2.50mm
damit lt. Tabelle	b	= 8.25mm
	r₁	= 1.60mm
	h	= 7.10mm
	l	= 40.0mm
	r₂	= 7.10mm

Variante 1 als bevorzugte Gratraumanordnung

Kraftbedarf:

(Anhang S. 14)

mit

A_1	= 15.19	m_1	= 0.0027	k_{f0}	= 121N/mm ²
A_2	= 1.95	m_2	= 0.29	v	= 6m/s
A_3	= 0.73	m_3	= 0.14		

1. Scheren der Ausgangsform:

$$F_S = 1.4 * A_0 * R_{m20^\circ C} = 9.89\text{MN}$$

mit $A_0 = \pi/4 * (d_0)^2$ für $d_0 = 100\text{mm} = \pi/4 * (100\text{mm})^2 = 7854\text{mm}^2$
 und $R_{m20^\circ C}$ für 16MnCr5 bei Raumtemperatur $T_R = 20^\circ C = 900\text{N/mm}^2$

2. Vorstauchen der Zwischenform:

$$k_{fst} = k_{f0} * A_1 * e^{-m_1 * T} * A_2 * \varphi_{st}^{m_2} * A_3 * \varphi_{st}^{m_3} = 122.47\text{N/mm}^2$$

mit $\varphi_{st} = v / h_0 = 6\text{m/s} / 0.075\text{m} = 80\text{s}^{-1}$
 $|\varphi_{st}| = \ln(h_1/h_0) = \ln(60\text{mm} / 75\text{mm}) = 0.223$
 $T = 1200^\circ C, \mu = 0.3, d_1 = 111.8\text{mm}, h_1 = 60\text{mm}$

$$F_{stmax} = \pi/4 * k_{fst} * d_1^2 * (1 + [(\mu * d_1) / (3 * h_1)]) = 1.426\text{MN}$$

3. Gesenkschmieden:

$$k_{fsh} = k_{f0} * A_1 * e^{-m_1 * T} * A_2 * \varphi_{sh}^{m_2} * A_3 * \varphi_{sh}^{m_3} = 322.74\text{N/mm}^2$$

mit $\varphi_{sh} = v / h_1 = 6\text{m/s} / 0.06\text{m} = 100\text{s}^{-1}$
 $|\varphi_{sh}| = 2\ln(d_1/d_D) = 2\ln(111.8 / 173.5\text{mm}) = 0.879$
 $d_D = D_S + 2b = 157\text{mm} + 2 * 8.25\text{mm} = 173.5\text{mm}$
 $T = 1000^\circ C, s = 3.3\text{mm}, h_1 = 60\text{mm}$

$$F_{schmax} = \pi/4 * k_{fsh} * d_D^2 * (1 + (d_D / (6 * s))) = 74.5\text{MN}$$

4. Lochen der Endform:

$$F_{SL} = 1.4 * \pi * D_{SL} * s_L * R_{m800^\circ C} = 311\text{kN}$$

mit $D_{SL} = 17.5\text{mm}, s_L = 6.5\text{mm}, R_{m800^\circ C} = 622\text{N/mm}^2$

5. Entgraten der Endform:

$$F_{SG} = 1.4 * \pi * D_S * s * R_{m800^\circ C} = 1.42\text{MN}$$

mit $D_S = 157\text{mm}, s = 3.3\text{mm}, R_{m800^\circ C} = 622\text{N/mm}^2$

Arbeitsbedarf:
(Anhang S. 14+11)

1. **Scheren:**
 $W_s = 0.4 * d_0 * 0.7 * F_s$ = 276.9kNm
mit $d_0 = 100\text{mm}$
2. **Vorstauchen:**
 $W_{st} = 0.7 * (h_0 - h_1) * F_{stmax}$ = 14.97kNm
mit $h_0 = 75\text{mm}$, $h_1 = 60\text{mm}$
3. **Gesenkschmieden:**
 $W_{sch} = 0.4 * (h_1 - h_s) * 0.7 * F_{schmax}$ = 417.2kNm
mit $h_1 = 60\text{mm}$, $h_s = 40\text{mm}$
4. **Lochen:**
 $W_{SL} = 0.4 * s_L * 0.7 * F_{SL}$ = 808.6kNm
mit $s_L = 6.5\text{mm}$
5. **Entgraten:**
 $W_{SG} = 0.4 * s * 0.7 * F_{SG}$ = 1312kNm
mit $s_L = 3.3\text{mm}$
6. **Arbeitsvermögen des Hammers:**
für einfache Schmiedeteile und $m_A = 4.43\text{kg}$ aus Tab. S. 11 = 17kNm

Maschinenauswahl:
(Anhang S. 36ff)

1. **Scheren:**
Kraftbedarf für das Scheren: 9.89MN
Auswahl: **Umformtechnik GmbH ScPK 1000/I**
2. **Gesenkschmieden und Stauchen:**
Arbeitsvermögen des Hammers: 17kNm
Auswahl: **Lasco Umformtechnik GmbH H0200** (hydraulischer Hammer)

Anzahl der Schläge: nach Tabelle S. 13 = 8
mit $m_A = 4.43\text{kg}$, FKZ: 213, 17kNm Arbeitsbedarf
3. **Entgraten und Lochen:**
Max. Kraftbedarf beim Entgraten: 1.42MN
Auswahl: **Umformtechnik GmbH PKZ 160**