

Konstruktion des Riemenantriebs einer Tischfräse

Inhalt

Auslegung des Riementriebs – Dimensionierung der Bauteile	3
1.) Grundlagen	3
1.1) Vorgabewerte.....	3
1.2) Annahmen	3
2.) Berechnung und Dimensionierung	3
2.1) Motordrehzahl.....	3
2.2) Wahl des Motors	3
2.3) Wahl des kleinen Scheibendurchmessers – getriebene Scheibe.....	3
2.4) Wahl des großen Scheibendurchmessers – treibende Scheibe.....	4
2.5) Berechnung der Riemenlänge	4
2.6) Berechnung des erforderlichen Verstellweges	5
2.7) Ermittlung des resultierenden Umschlingungswinkels an der kleinen Scheibe.....	5
2.8) Bestimmung der maximalen spezifischen Umfangskraft – Auswahl des Riementyps.....	5
2.9) Ermittlung der Riemenbreite.....	6
2.10) Auswahl der Variante – Berechnung des genauen Achsabstandes	6
Zusammenfassung	7
1.) Gewählte Konstruktionselemente	7
2.) Diskussion	8
Technische Zeichnungen	9
1.) Skizzen	10
1.1) Entwurfsskizze	10
1.2) Handskizze Aufstellungsplan.....	11
2.) CAD-Zeichnungen	12
2.1) Aufstellungsplan Riementrieb	12
2.2) Riemenscheibe Ø315X63 (Antrieb)	13
Anhang	14
1.) Literaturverzeichnis.....	14
2.) Softwarenachweis.....	15

Auslegung des Riementriebs – Dimensionierung der Bauteile

1.) Grundlagen

1.1) Vorgabewerte

- Antriebsleistung: $P = 15kW$
- Abtriebsdrehzahl der Welle: $n'_2 = 10000min^{-1}$
- Übersetzung: $i' = 3,15$
- Riemenausführung: Flachriemen
- Betriebsverhältnisse: normaler Anlauf, stoßfreie Volllast, tägliche Betriebsdauer 8h

1.2) Annahmen

- Achsabstand: $e \leq 525mm$ (aus Entwurfskizze)
- Verstellweg des Achsabstandes: $-1,5\% \leq \Delta e_{\%} \leq +3\%$
- Riemenfabrikat: Fa. Siegling – Extremultus (TB16-1 ff.)

2.) Berechnung und Dimensionierung

2.1) Motordrehzahl

$$n'_M = \frac{n'_2}{i'} = \frac{10000}{3,15min} = \underline{\underline{3175min^{-1}}}$$

2.2) Wahl des Motors

gewählt: $n_M = n_1 = 3000min^{-1}$

⇒ nach DIN 42673 T1: Drehstrommotor 160M mit $P = 15kW$ TB16-21(vgl. Fußnote 3)

$$\Rightarrow i'' = \frac{n'_2}{n_M} = \frac{10000}{3000} = \underline{\underline{\frac{10}{3}}}$$

2.3) Wahl des kleinen Scheibendurchmessers – getriebene Scheibe

$$\frac{P}{n'_2} = \frac{15kW \cdot min}{10000} = \underline{\underline{0,0015kW \cdot min}} \Rightarrow \text{gewählt } 0,0016kW \cdot min$$

⇒ $d_2 \geq 90mm$ TB16-7

3 Varianten nach Normzahlen R20 (DIN 323):

a) $d_{2a} = 90mm$ TB1-16

b) $d_{2b} = 100mm$

c) $d_{2c} = 112mm$

2.4) Wahl des großen Scheibendurchmessers – treibende Scheibe

$$d'_1 = i'' \cdot d_2 \quad \Rightarrow \quad i = \frac{d_1}{d_2} \quad \text{bzw.} \quad n_2 = i \cdot n_1$$

$$\text{a) } \Rightarrow d'_{1a} = \frac{10}{3} \cdot 90 \text{ mm} = \underline{\underline{300 \text{ mm}}} \Rightarrow \text{gewählt } d_{1a} = 315 \text{ mm} \quad \text{TB1-16}$$

$$\Rightarrow i_a = \frac{315}{90} = \underline{\underline{3,5}} \quad \Rightarrow n_{2a} = 3,5 \cdot 3000 \text{ min}^{-1} = \underline{\underline{10500 \text{ min}^{-1}}}$$

$$\text{b) } \Rightarrow d'_{1b} = \frac{10}{3} \cdot 100 \text{ mm} = \underline{\underline{333 \text{ mm}}} \Rightarrow \text{gewählt } d_{1b} = 355 \text{ mm} \quad \text{TB1-16}$$

$$\Rightarrow i_b = \frac{355}{100} = \underline{\underline{3,55}} \quad \Rightarrow n_{2b} = 3,55 \cdot 3000 \text{ min}^{-1} = \underline{\underline{10650 \text{ min}^{-1}}}$$

$$\text{c) } \Rightarrow d'_{1c} = \frac{10}{3} \cdot 112 \text{ mm} = \underline{\underline{373 \text{ mm}}} \Rightarrow \text{gewählt } d_{1c} = 400 \text{ mm} \quad \text{TB1-16}$$

$$\Rightarrow i_c = \frac{400}{112} = \underline{\underline{3,57}} \quad \Rightarrow n_{2c} = 3,57 \cdot 3000 \text{ min}^{-1} = \underline{\underline{10714 \text{ min}^{-1}}}$$

2.5) Berechnung der Riemenlänge

$$L' = 2e + \frac{p}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4e} \Rightarrow e_{\text{var}} \approx e + \frac{L - L'}{2}$$

$$\text{a) } L'_a = 2 \cdot 525 \text{ mm} + \frac{p}{2}(315 + 90) \text{ mm} + \frac{(90 - 315)^2 \text{ mm}^2}{4 \cdot 525 \text{ mm}} = \underline{\underline{1710 \text{ mm}}}$$

$$\Rightarrow \text{gewählt } L_a = 1600 \text{ mm} \Rightarrow e_a \approx 525 \text{ mm} + \frac{(1600 - 1710) \text{ mm}}{2} = \underline{\underline{470 \text{ mm}}} \quad \text{TB1-16}$$

$$\text{b) } L'_b = 2 \cdot 525 \text{ mm} + \frac{p}{2}(355 + 100) \text{ mm} + \frac{(100 - 355)^2 \text{ mm}^2}{4 \cdot 525 \text{ mm}} = \underline{\underline{1796 \text{ mm}}}$$

$$\Rightarrow \text{gewählt } L_b = 1800 \text{ mm} \Rightarrow e_b \approx 525 \text{ mm} + \frac{(1800 - 1796) \text{ mm}}{2} = \underline{\underline{527 \text{ mm}}} \quad \text{TB1-16}$$

$$\text{c) } L'_c = 2 \cdot 525 \text{ mm} + \frac{p}{2}(400 + 112) \text{ mm} + \frac{(112 - 400)^2 \text{ mm}^2}{4 \cdot 525 \text{ mm}} = \underline{\underline{1893 \text{ mm}}}$$

$$\Rightarrow \text{gewählt } L_c = 1800 \text{ mm} \Rightarrow e_c \approx 525 \text{ mm} + \frac{(1800 - 1893) \text{ mm}}{2} = \underline{\underline{479 \text{ mm}}} \quad \text{TB1-16}$$

2.6) Berechnung des erforderlichen Verstellweges

$$\Delta e = \frac{\Delta e_{\%} \cdot L}{100\%}$$

$$\text{a) } \Delta e_{(-)} = \frac{(-1,5\%) \cdot 1600 \text{ mm}}{100\%} = \underline{\underline{-24 \text{ mm}}}$$

$$\Delta e_{(+)} = \frac{3\% \cdot 1600 \text{ mm}}{100\%} = \underline{\underline{48 \text{ mm}}}$$

$$\Rightarrow e_a = 470 \begin{smallmatrix} +48 \\ -24 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

$$\text{b) } \Delta e_{(-)} = \frac{(-1,5\%) \cdot 1800 \text{ mm}}{100\%} = \underline{\underline{-27 \text{ mm}}}$$

$$\Delta e_{(+)} = \frac{3\% \cdot 1800 \text{ mm}}{100\%} = \underline{\underline{54 \text{ mm}}}$$

$$\Rightarrow e_b = 527 \begin{smallmatrix} +54 \\ -27 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

$$\text{c) } \Delta e_{(-)} = \frac{(-1,5\%) \cdot 1800 \text{ mm}}{100\%} = \underline{\underline{-27 \text{ mm}}}$$

$$\Delta e_{(+)} = \frac{3\% \cdot 1800 \text{ mm}}{100\%} = \underline{\underline{54 \text{ mm}}}$$

$$\Rightarrow e_c = 572 \begin{smallmatrix} +54 \\ -27 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

2.7) Ermittlung des resultierenden Umschlingungswinkels an der kleinen Scheibe

$$b_2 = 2 \arccos\left(\frac{d_1 - d_2}{2e}\right)$$

$$\text{a) } b_{2a} = 2 \arccos\left(\frac{315 - 90}{2 \cdot 470}\right) \approx \underline{\underline{152^\circ}}$$

$$\text{b) } b_{2b} = 2 \arccos\left(\frac{355 - 100}{2 \cdot 527}\right) \approx \underline{\underline{152^\circ}}$$

$$\text{c) } b_{2c} = 2 \arccos\left(\frac{400 - 112}{2 \cdot 572}\right) \approx \underline{\underline{151^\circ}}$$

2.8) Bestimmung der maximalen spezifischen Umfangskraft – Auswahl des Riementyps

$$\text{a) } F'_{ta} = 9,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \Rightarrow \text{Typ 10}$$

TB16-8

$$\text{b) } F'_{tb} = 10,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \Rightarrow \text{Typ 10}$$

$$\text{c) } F'_{tc} = 11,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \Rightarrow \text{Typ 10}$$

2.9) Ermittlung der Riemenbreite

$$v = p \cdot d_2 \cdot n_2 \qquad F_t = \frac{K_A \cdot P_{\text{norm}}}{v} \qquad b' = \frac{F_t}{F_t'}$$

$$K_A \approx 1,4$$

TB3-5b

$$P_{\text{norm}} = P = 15 \text{ kW} = 15000 \text{ W}$$

$$\text{a) } v_a = p \cdot 0,09 \text{ m} \cdot \frac{10500}{60 \text{ s}} = 49,48 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow F_{ta} = \frac{1,4 \cdot 15000 \text{ Nm} \cdot \text{s}}{49,48 \text{ m} \cdot \text{s}} \approx \underline{\underline{424 \text{ N}}}$$

$$\Rightarrow b'_a = \frac{424 \text{ N} \cdot \text{mm}}{9,5 \text{ N}} \approx \underline{\underline{45 \text{ mm}}} \Rightarrow \text{gewählt } b_a = 50 \text{ mm}$$

TB16-9b

$$\text{b) } v_b = p \cdot 0,1 \text{ m} \cdot \frac{10650}{60 \text{ s}} = 55,76 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow F_{tb} = \frac{1,4 \cdot 15000 \text{ Nm} \cdot \text{s}}{55,76 \text{ m} \cdot \text{s}} \approx \underline{\underline{377 \text{ N}}}$$

$$\Rightarrow b'_b = \frac{377 \text{ N} \cdot \text{mm}}{10,5 \text{ N}} \approx \underline{\underline{36 \text{ mm}}} \Rightarrow \text{gewählt } b_b = 40 \text{ mm}$$

TB16-9b

$$\text{c) } v_c = p \cdot 0,112 \text{ m} \cdot \frac{10714}{60 \text{ s}} = 62,83 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow F_{tc} = \frac{1,4 \cdot 15000 \text{ Nm} \cdot \text{s}}{62,83 \text{ m} \cdot \text{s}} \approx \underline{\underline{334 \text{ N}}}$$

$$\Rightarrow b'_c = \frac{334 \text{ N} \cdot \text{mm}}{11,5 \text{ N}} \approx \underline{\underline{29 \text{ mm}}} \Rightarrow \text{gewählt } b_c = 50 \text{ mm, da } B_{\text{min}}(d_{2c} = 112 \text{ mm}) = 63 \text{ mm}$$

TB16-9a, b

2.10) Auswahl der Variante – Berechnung des genauen Achsabstandes

gewählt: Variante a), weil gefordertem Übersetzungsverhältnis am nächsten, sowie außerdem kleinste Abmessungen und damit

- minimaler Materialaufwand (für die Riemenscheiben)
- geringster Platzbedarf
- niedrigste Umfangsgeschwindigkeit (des Riemens)

\Rightarrow Riemen gewählt: Mehrschichtflachriemen **Extremultus 80 LT 10**

TB16-6a, b

$\Rightarrow b = 50 \text{ mm}; B = 63 \text{ mm}; t = 2,2 \text{ mm}; L = 1600 \text{ mm}$

$$\Rightarrow v = 49,48 \frac{\text{m}}{\text{s}} < v_{\text{max}} = 60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

TB16-1

$$e = \frac{L_a}{4} - \frac{p}{8} (d_{1a} + d_{2a}) + \sqrt{\left(\frac{L_a}{4} - \frac{p}{8} (d_{1a} + d_{2a}) \right)^2 - \frac{(d_{1a} - d_{2a})^2}{8}}$$

$$e = \frac{1600 \text{ mm}}{4} - \frac{p}{8} (315 + 90) \text{ mm} + \sqrt{\left(\frac{1600 \text{ mm}}{4} - \frac{p}{8} (315 + 90) \text{ mm} \right)^2 - \frac{(315 - 90)^2 \text{ mm}^2}{8}}$$

$$\underline{\underline{e = 468,404 \text{ mm}}}$$

Zusammenfassung

1.) Gewählte Konstruktionselemente

- Riemen: Mehrschichtflachriemen Extremultus 80 LT 10 (Breite 50mm, Dicke 2,2mm, Länge 1600mm), aus einem Polyamid-Chromleder-Verbund gefertigt
- Riemenscheibe Antrieb: Aluminiumguss geringer Drehmasse, Durchmesser 315mm, Breite 63mm, mit gewölbter Lauffläche nach DIN 111
- Riemenscheibe Frässpindel: Aluminium-Vollscheibe, Durchmesser 90mm, Breite 63mm, Lauffläche gewölbt nach DIN 111 und mit Laufrillen versehen
- Antriebsmotor: Drehstrommotor 160M, 3000U/min, 15kW nach DIN 42673 T1 mit Wellenende Durchmesser 42mm, 110mm lang
- Motoraufhängung: einachsig schwenkbar gelagerte Grundplatte, die eine Verstellung des Achsabstandes von $\leq -25\text{mm}$ bis $\geq +50\text{mm}$ ermöglicht
- Schutzabdeckung: Blechverkleidung, die sowohl den Innenraum der Maschine, als auch den Riementrieb oberhalb des Frästisches vollständig einschließt

2.) Diskussion

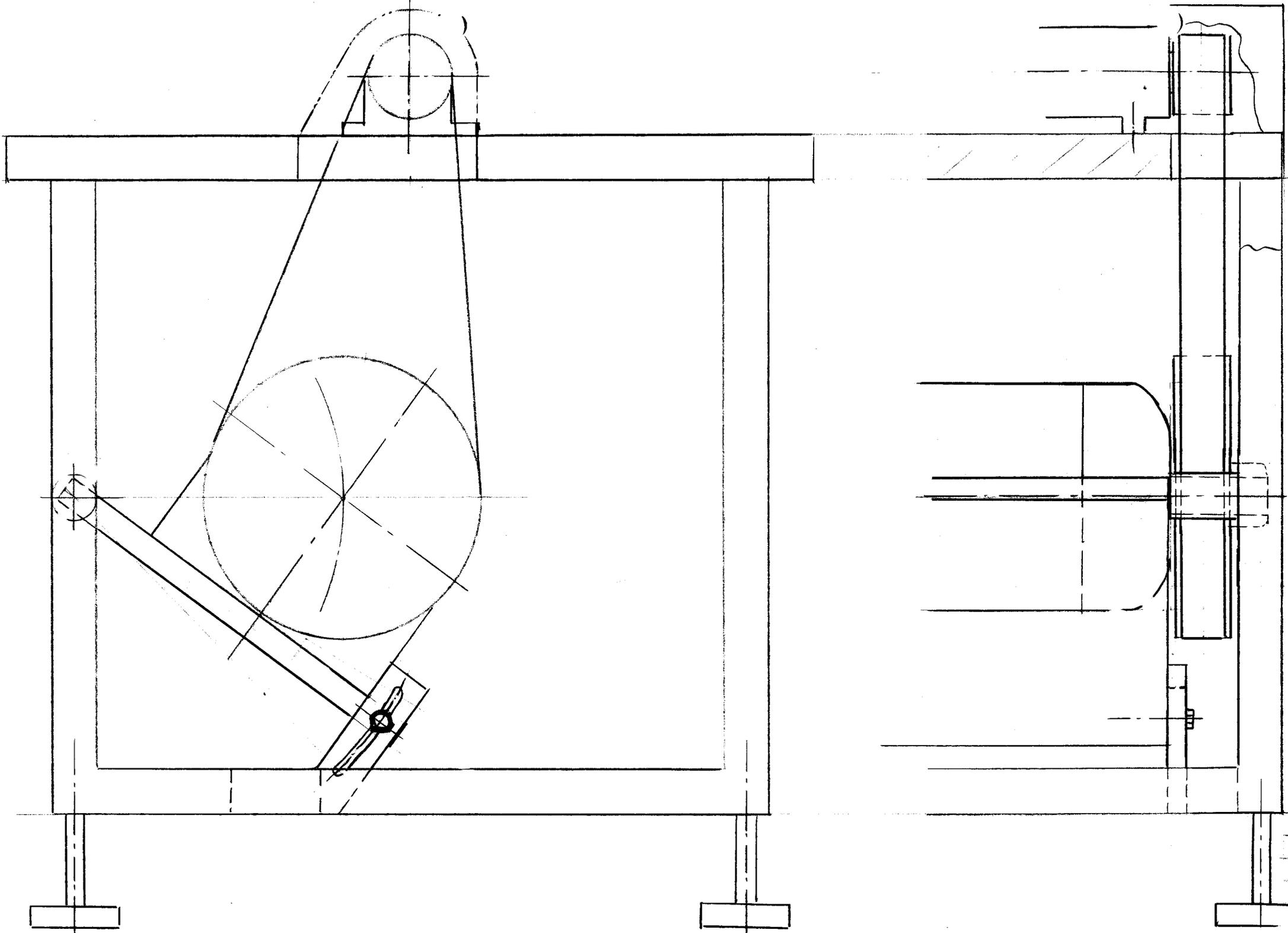
Die vorliegende Lösung kann die Vorgabewerte aus der Aufgabenstellung nur teilweise erfüllen, da einerseits die geforderte Übersetzung von $i = 3,15$ zu einer nicht erhältlichen Motordrehzahl (ungeregelter Drehstrommotor) geführt hätte und andererseits die Durchmesser der Riemenscheiben nach Normzahlreihe R20 auszuwählen waren, sodass auch die tatsächliche Spindeldrehzahl knapp über dem gewünschten Wert von $n_2 = 10000 \text{ min}^{-1}$ liegt. Die genaue Einhaltung dieser beiden Werte ist jedoch für den Betrieb der Tischfräse ohnehin von untergeordneter Bedeutung, da sich durch elektromagnetischen und mechanischen Schlupf bei Belastung niedrigere Werte einstellen.

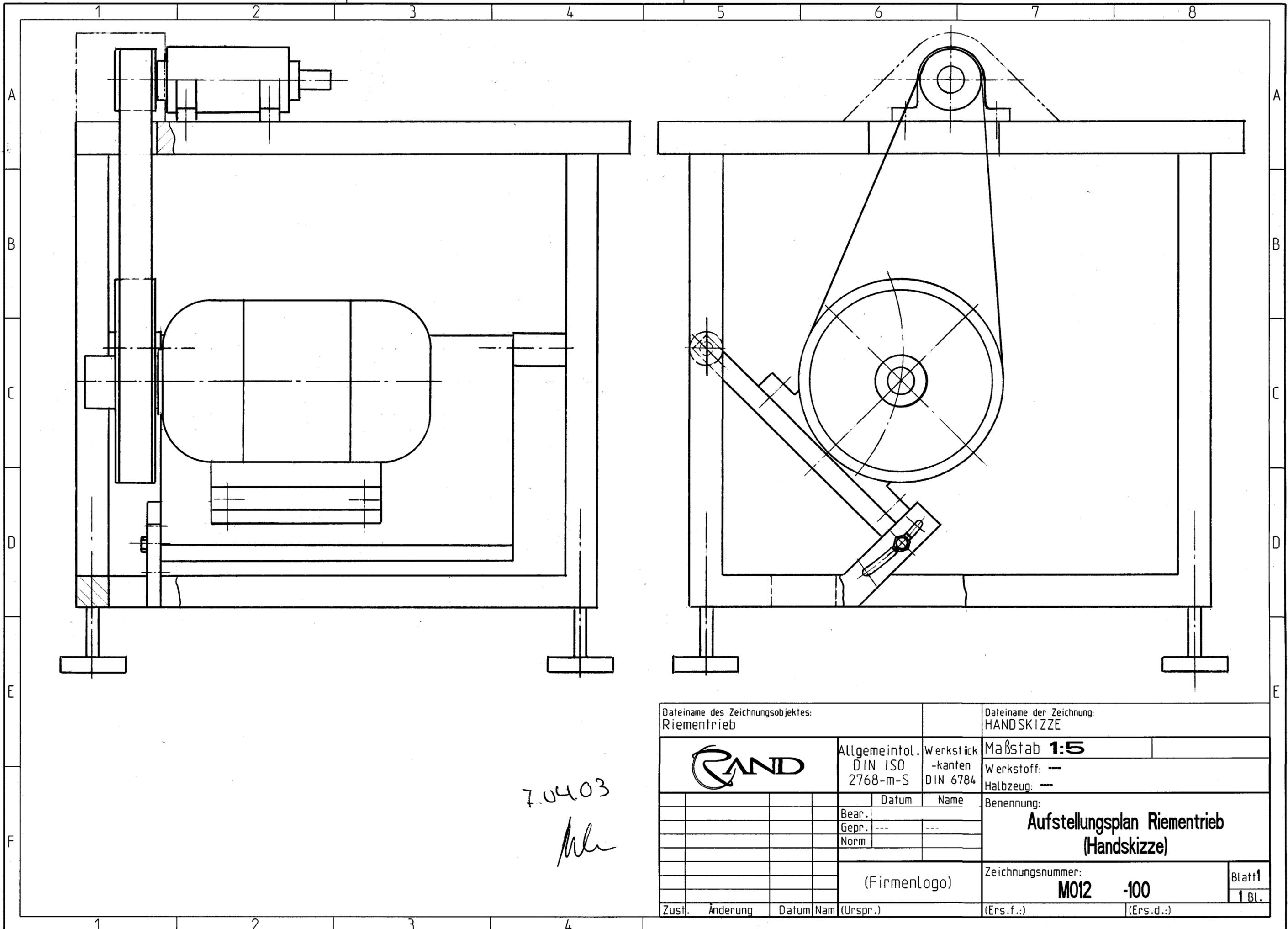
So wurde das Augenmerk nach der rechnerischen Festlegung der Hauptabmessungen des Riementriebes verstärkt auf die konstruktive Gestaltung der Gesamtanordnung gerichtet. Dabei haben wir die funktionalen Einzelteile, außer die Antriebs-Riemenscheibe, soweit als möglich nur in vereinfachter, prinzipieller Form dargestellt. Sie sollen später vom Konstrukteur einer endgültigen, detaillierten Formgebung unterzogen werden.

Besondere Aufmerksamkeit kam bei der Realisierung dem Prinzip der Verstellmöglichkeit des Achsabstandes zu. Wir entschieden uns, die Motoraufhängung schwenkbar zu gestalten und zwar so, dass die Schwenkachse parallel zur Motor- bzw. Spindelachse verläuft. Somit ist eine exakte Achsparallelität der beiden Riemenscheiben sicher gewährleistet, ohne dass etwa eine aufwendige Linearführung notwendig wäre. Den Nachteil, dass der Verstellweg nun nicht mehr genau in Richtung des Achsabstandes verläuft, konnten wir dadurch ausgleichen, dass die Schwenkachse der Aufhängung soweit nach oben verlagert wurde, bis die Achsabstandsgerade nahezu tangential am Schwenkkreis der Motorachse anlag. Damit wurde gleichzeitig der erforderliche Schwenkwinkel minimiert. Da sich die Feststellung der Aufhängung unmittelbar in der Nähe und annähernd in der Ebene des Riemenzugkraft-Angriffs befindet, genügt bereits eine einzige Klemmschraube, um den Motor in der gewünschten Position zu halten.

Weil wir die Forderung nach einer Schutzabdeckung von Beginn an in unsere Überlegungen einbezogen, war es nur folgerichtig, die gesamte Maschine schlussendlich mit Blech oder Kunststoff einzukleiden. Zu diesem Zweck wurde der Riementrieb soweit in das Gehäuse hineinverlagert, bis keines seiner Teile mehr aus dem Maschinengrundrahmen herausragte. Dazu musste auch der Frästisch im Bereich des Riemens ausgespart werden. Über dieser Aussparung bzw. der Riemenscheibe auf der Frässpindel befindet sich nun eine Haube, die die Scheibe nach allen Seiten abdeckt und auf der Rückseite mit der übrigen Maschinenverkleidung verbunden ist. Somit sind alle bewegten Teile der Antriebseinheit vollständig von außen unzugänglich untergebracht.

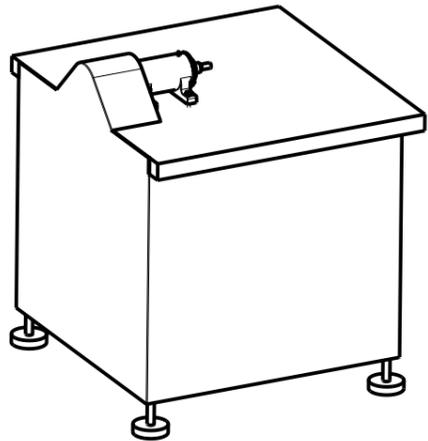
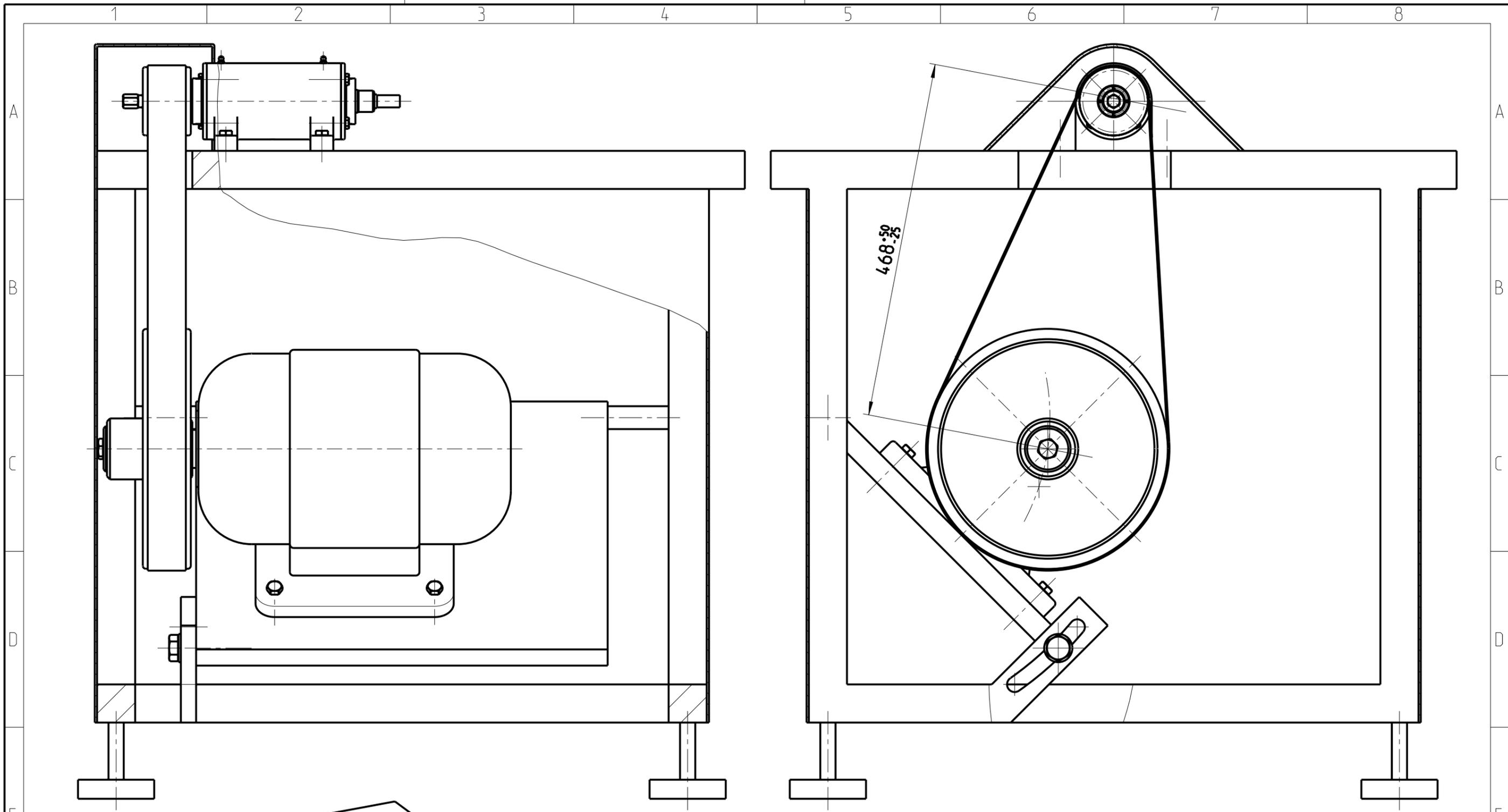
Technische Zeichnungen





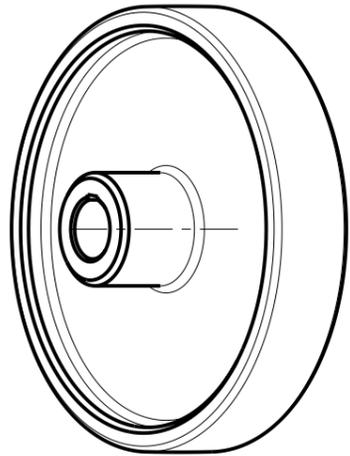
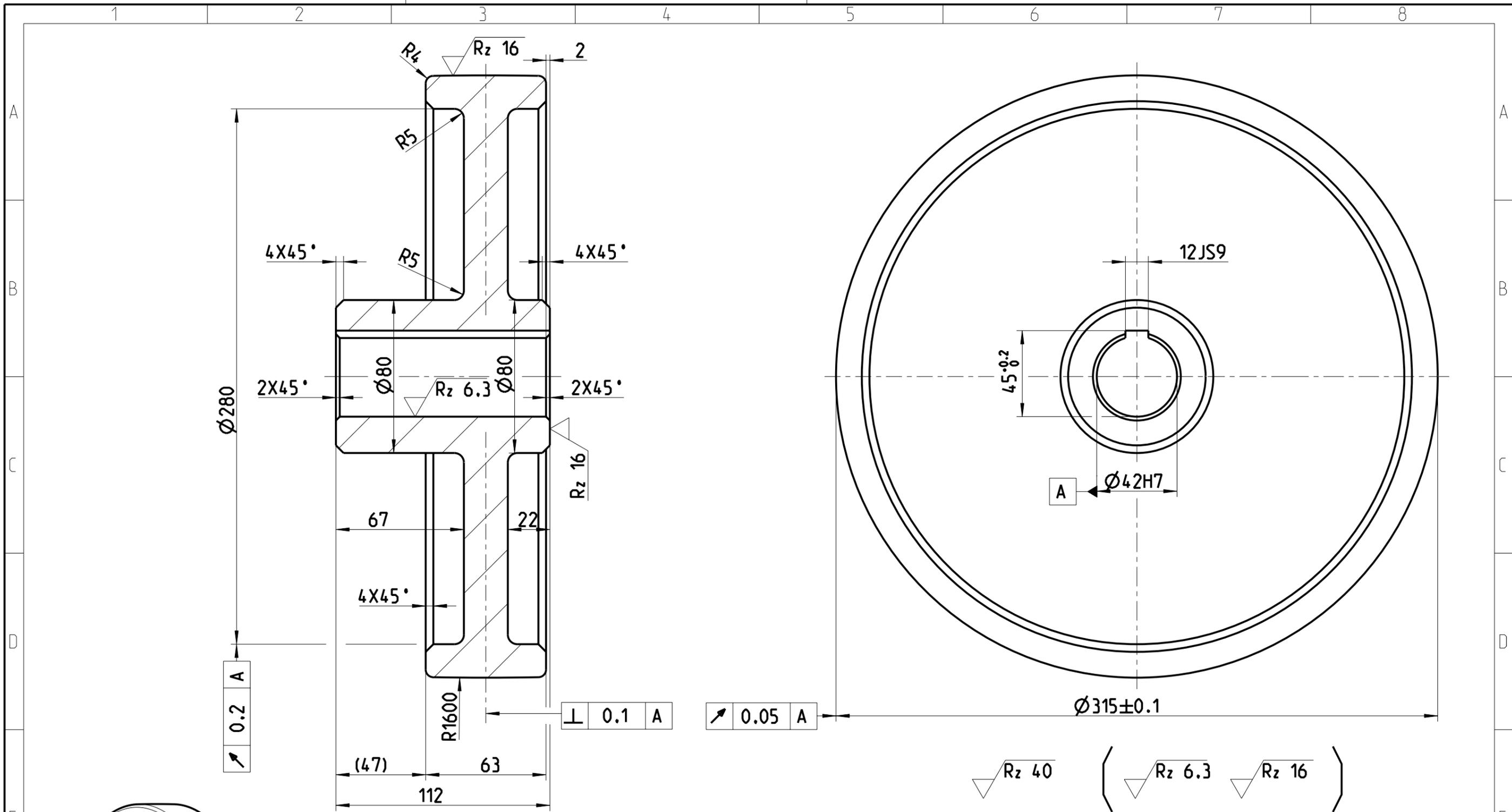
7.04.03
Mh

Dateiname des Zeichnungsobjektes: Riementrieb			Dateiname der Zeichnung: HANDSKIZZE		
	Allgemeintol. DIN ISO 2768-m-S	Werkstück -kanten DIN 6784	Maßstab 1:5		
			Werkstoff: --- Halbzeug: ---		
		Datum	Name	Benennung:	
	Bear.			Aufstellungsplan Riementrieb (Handskizze)	
	Gepr. ---				
	Norm				
			(Firmenlogo)	Zeichnungsnummer:	
				M012 -100	
Zust.	Änderung	Datum	Nam (Urspr.)	(Ers.f.:)	Blatt 1 1 Bl.
				(Ers.d.:)	



1:20

Dateiname des Zeichnungsobjektes:		Dateityp: ASSEM	Dateiname der Zeichnung:	
	Allgemeintol. DIN ISO 2768-m-S	Werkstück -kanten DIN 6784	Maßstab 1:5	
			Werkstoff: --- Halbzeug: ---	
		Datum	Name	Benennung:
	Bear.			Aufstellungsplan Riemetrieb
	Gepr.			
	Norm			
			(Firmenlogo)	Zeichnungsnummer:
				M0120000-100
Zust.	Änderung	Datum	Nam (Urspr.)	(Ers.f.:) (Ers.d.:)
				Blatt 1 1 Bl.



Dateiname des Zeichnungsobjektes:				Dateityp: PART		Dateiname der Zeichnung:	
				Allgemeintol. DIN ISO 2768-m-S		Werkstück -kanten DIN 6784	
				Datum		Name	
12JS9				• 0.0215 - 0.0215		Maßstab 1:5	
Ø42H7				• 0.025 0		Gew.: 7.331kg	
Passmaß				Abmaße		Werkstoff: ENAW-ALCU4	
Zust.				Änderung		Benennung: Riemenscheibe Ø 315X63 (Antrieb)	
Datum				Nam.		Zeichnungsnummer: M0120000-103	
(Urspr.)				(Firmenlogo)		(Ers.f.): (Ers.d.):	
						Blatt 1 1 Bl.	

Anhang

1.) Literaturverzeichnis

- Roloff / Matek: Maschinenelemente – Normung, Berechnung, Gestaltung
15., durchgesehene Auflage
Vieweg Verlagsgesellschaft 2001
Abk.: **LB**
- Roloff / Matek: Maschinenelemente – Tabellen
15., durchgesehene Auflage
Vieweg Verlagsgesellschaft 2001
Abk.: **TB**
- Tabellenbuch Metall
41. neubearbeitete und erweiterte Auflage
Verlag Europa-Lehrmittel 1999

2.) Softwarenachweis

- *CAD-Software:*
Parametric Technology Corporation
Pro/ENGINEER Student Edition
Version 2001
- *Textverarbeitung:*
Microsoft Corporation
Microsoft Word
Versionen 97 SR-2, 2000
- *PDF-Generator:*
Adobe Systems Incorporated
Adobe Acrobat
Version 4.0
- *CD-Brennsoftware:*
CEQuadrat GmbH
WinOnCD
Version 3.70 (2000)