

# Fabrikplanung (Übung)

komplexes **Fallbeispiel**

## Teilefertigungs- und Montageprojekt „Schneckengetriebeproduktion“



© Prof. Dr.-Ing. Uwe Prêt (HTW Berlin)  
(Stand: September 2018)

## Vorbemerkungen und Danksagung

Das in dieser Fallstudie vorgestellte Erzeugnis wurde - inklusive einer umfangreichen Produktbeschreibung und der kompletten Konstruktionsdokumentation - als **Montagestation MT110 „Stirnrad-Schneckengetriebe“** von der Firma **G.U.N.T. Gerätebau GmbH Hamburg** bezogen.

Gefertigt wird das Schneckengetriebe durch die **Getriebebau NORD GmbH & Co. KG DRIVESYSTEM Bargeheide**.

Beiden Firmen wird auf diesem Wege gedankt.



Die fabrikplanerische Themenbearbeitung erfolgte in allen Punkten durch:

**Prof. Dr.-Ing. Uwe Prêt**  
HTW Berlin (Wirtschaftsingenieurwesen)  
Dozent für Fabrikplanung



**Hochschule für Technik  
und Wirtschaft Berlin**

*University of Applied Sciences*

Die Fallstudie wurde von der Firma **Plavis GmbH Chemnitz** unter Verwendung des Planungswerkzeuges **visTABLE®** in virtuellen **2D- und 3D-Layouts** visualisiert.

Auch dieser Firma sei auf diesem Wege gedankt.



<http://www.vistable.de>

# **Inhaltsverzeichnis**

<b><u>Planungsaufgabe</u></b> .....	<b>4</b>
<b><u>1 Vorplanung</u></b> .....	<b>5</b>
1.1 Präzisierung der Aufgabenstellung.....	6
1.2 Zielsetzungen.....	28
1.3 Produktionsprogramm.....	29
<b><u>2 Strukturplanung</u></b> .....	<b>30</b>
2.1 Arbeitspläne Teilefertigung.....	31
2.2 Betriebsmittelcharakteristiken.....	33
2.3 Ablaufschema Teilefertigung.....	41
2.4 Ablaufschema Montage.....	42
2.5 Ermittlung des Fertigungsprinzips.....	45
2.6 Losgrößenbestimmung.....	46
<b><u>3 Dimensionierung</u></b> .....	<b>51</b>
3.1 Berechnung der Betriebsmittellanzahl.....	52
3.2 Berechnung der Arbeitnehmerzahl (Maschinenbedienung).....	54
3.3 Flächenberechnung.....	55
3.4 Fördermittel- und Förderhilfsmittelplanung.....	58
<b><u>4 Idealplanung</u></b> .....	<b>61</b>
4.1 Ideales Funktionsschema.....	62
4.2 Flächenmaßstäbliches Funktionsschema.....	63
4.3 Flussdiagramme (Materialfluss).....	64
4.4 Optimierung der Maschinenanordnung (SCHMIGALLA).....	66
4.5 Ideallayout (Blocklayout).....	69
<b><u>5 Realplanung</u></b> .....	<b>70</b>
5.1 Gestaltungsregeln / Restriktionen.....	71
5.2 Groblayoutvarianten.....	76
5.3 Feinlayoutvarianten.....	78
5.4 Montagearbeitsplatz.....	80
5.5 Layoutbewertung.....	81

## Planungsaufgabe **Fabrikplanung**

### Aufgabenstellung für das Projekt "Schneckengetriebe"

Für die Herstellung von Schneckengetrieben (als Ergebnis einer Segmentierung) ist die Planung eines Fertigungsbereiches für die mechanische Fertigung und Montage durchzuführen. Die für die Herstellung notwendigen Konstruktionsdaten (Zeichnungen, Stücklisten) und Fertigungsunterlagen (Arbeitspläne, Betriebsmittelcharakteristiken) sind gegeben und bedürfen somit einer kritischen Bewertung und abschließenden Entscheidung. Der Fertigungsbereich soll alle für die Realisierung des Produktionsprogramms erforderlichen Funktionen beinhalten. Für die räumliche Einordnung steht eine beräumte, ausreichend große zusammenhängende Fläche in einem vorhandenen Gebäude zur Verfügung. Alle Betriebsmittel müssen komplett neu beschafft werden. In Bezug auf Verwaltungs- und Sozialfunktionen kann auf zentrale Einrichtungen (Sozialgebäude mit Umkleieräumen, Dusch- und Waschräume, Kantine etc.) des Gesamtbetriebes zurückgegriffen werden. Diese Funktionen können somit für das Planungsvorhaben vernachlässigt werden. Mindestanforderungen aus der Arbeitsstättenverordnung und den Arbeitsstättenrichtlinien (Sanitärräume, Pausenräume etc.) sind aber auf alle Fälle zu berücksichtigen. Der Fertigungsbereich ist ausschließlich für das Produktionsprogramm auszulegen, jedoch in Bezug auf spätere Programmumstellungen erweiterbar zu planen. Die Jahresstückzahl wurde für einen mittelfristigen Planungszeitraum zwischen 33000 und 35000 Stück/Jahr (Nettobedarf) ermittelt. Saisonale Schwankungen treten nicht auf.

### Aufgabenkomplexe:

- 1 Vorplanung**
  - Präzisierung der Aufgabenstellung,
  - Zielsetzungen,
  - Produktionsprogramm.
- 2 Strukturplanung**
  - Arbeitspläne,
  - Ablaufschema,
  - Montagearbeitspläne,
  - Fertigungsprinzip,
  - Fertigungslosgröße.
- 3 Dimensionierung**
  - Betriebsmittel,
  - Personal,
  - Flächen,
  - Fördermittel und Förderhilfsmittel,
  - Lager.
- 4 Idealplanung**
  - Bereichsbildung,
  - Materialflussbeziehungen,
  - ideales Funktionsschema,
  - flächenmaßstäbliches Funktionsschema,
  - materialflussgerechte Maschinenanordnung,
  - Ideallayout.
- 5 Realplanung**
  - Groblayoutvarianten,
  - Feinlayoutvarianten,
  - Variantenbewertung.

# 1 Vorplanung

[1.1 Präzisierung der Aufgabenstellung](#)

[1.2 Zielsetzungen](#)

[1.3 Produktionsprogramm](#)

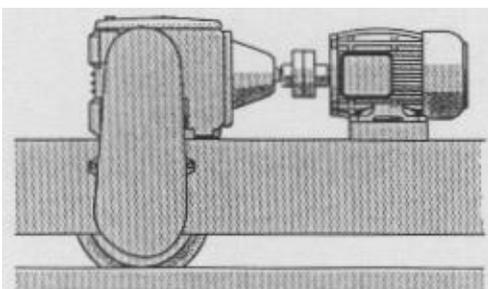
## 1 Vorplanung

### 1.1 Präzisierung der Aufgabenstellung

⇒ Bauart und Einsatzgebiet



Schneckengetriebe MT 110



Fahrtrieb für einen Kran

Getriebe übertragen Drehbewegungen. Sie dienen der bedarfsgerechten Anpassung von Drehmomenten und Drehzahlen eines Antriebs an einen Verbraucher.

Bei **MT110** handelt es sich um ein **Festgetriebe** mit nur einer festen Übersetzung.

MT110 ist ein **Schneckengetriebe** mit vorgeschalteter **Stirnradstufe**. Durch die Kombination beider Getriebeformen in einem Gehäuse sind große Übersetzungsverhältnisse bei gutem Wirkungsgrad und geringem Raumbedarf möglich.

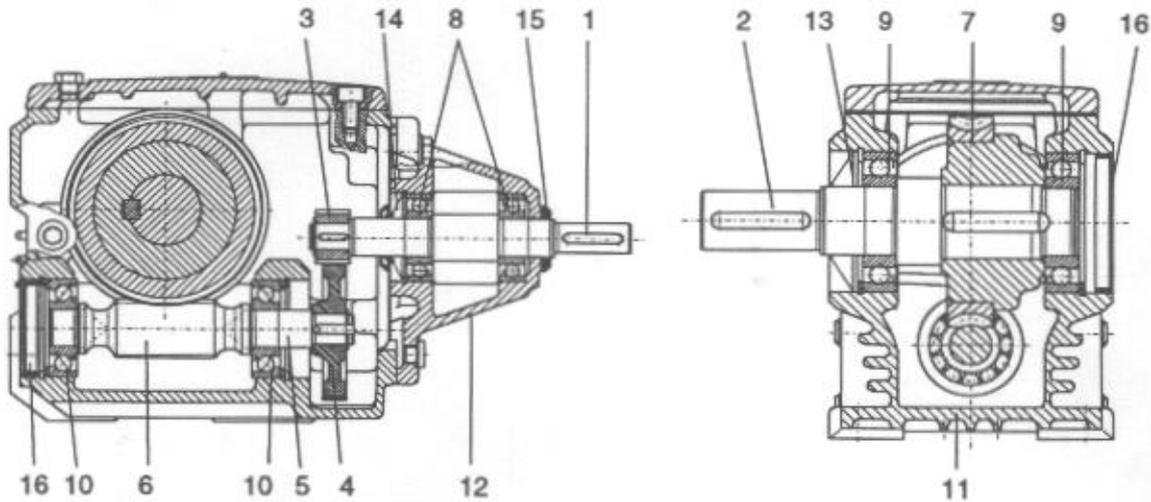
Schneckengetriebe werden normalerweise nur für Übersetzungen ins Langsame eingesetzt. Bei Vertauschung von An- und Abtrieb sperren sie in der Regel, sie sind dann **selbsthemmend**.

Einsatzgebiete für das Schneckengetriebe ergeben sich dort, wo die hohe Drehzahl eines Antriebsmotors mit geringem Drehmoment in eine sehr niedrige Drehzahl mit hohem Abtriebsmoment umgesetzt werden muss. Vorteilhaft ist insbesondere bei Hubantrieben die Eigenschaft der Selbsthemmung. Bei ausgeschaltetem Antrieb wird ein Rücklaufen der Last verhindert, gesonderte Lastbremsen sind nicht erforderlich.

Typische **Anwendungsfälle** für Schneckengetriebe sind z.B.

- Fahrtriebe bei Kränen und Laufkatzen,
- Rolltreppen,
- Schneckenförderer,
- Seilwinden,
- Hubspindeln,
- Wischerantriebe beim Kraftfahrzeug.

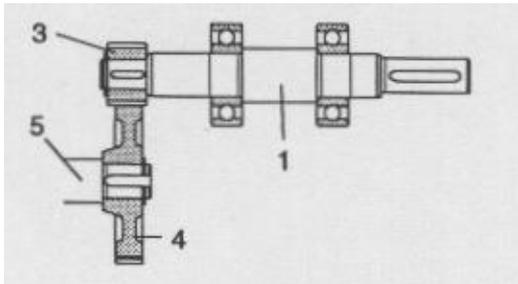
⇒ **Funktion und Aufbau**



⇒ **Kraftfluss**

Der Kraftfluss erfolgt von der Antriebswelle (1) über die schrägverzahnte Stirnradstufe (3), (4) und die Schneckenradstufe (6), (7) zur Abtriebswelle (2).

⇒ **Stirnradstufe**



Das Ritzel (3) der Stirnradstufe sitzt auf der zweifach gelagerten Antriebswelle (1). Das große Zahnrad (4) der Stirnradstufe sitzt mittels Passfeder auf der Schneckenwelle (6). Die Radkörper der Stirnradstufe sind geschmiedet. Die Verzahnung ist einsatzgehärtet und geschliffen. Sie wurde nach DIN 3990 dauerfest ausgelegt.

⇒ **Schneckenradstufe**



Die Schneckenradstufe besteht aus einer einsatzgehärteten dreigängigen Schnecke (6) mit geschliffenen Zahnflanken und einem Schneckenrad (7) mit einem Zahnkranz aus Schleuderbronze. Diese Werkstoffpaarung gewährleistet bei guten Gleiteigenschaften niedrigen Verschleiß und damit hohe Lebensdauer. Schnecke und Schneckenwelle sind als ein Teil ausgeführt.

Die Passungen zwischen Welle und Nabe, sowie zwischen Passfeder und Nut sind so gewählt, dass immer ein Festsitz gewährleistet ist.

⇒ **Lagerung**

Während Antriebs- und Abtriebswelle (1) (2) in Rillenkugellagern (8) (9) laufen, werden für die Schneckenwelle (5) aufgrund der hohen Axialbelastung Schulterkugellager (10) eingesetzt.

Alle Lagerstellen der Schneckenstufe sind in einem gemeinsamen Blockgehäuse (11) untergebracht. Durch die fehlenden Trennfugen ist so eine besonders gute Fluchtung der Lagerstellen gewährleistet. Dies wirkt sich positiv auf die Lebensdauer des Getriebes aus. Die Antriebswelle ist in einem gesonderten Antriebslagergehäuse (12) gelagert.

⇒ **Gehäuse**

Die Gehäuseteile sind aus Grauguss hergestellt. Damit ist das Gehäuse steif und bedingt durch die guten Dämpfungseigenschaften von Grauguss schwingungsarm. Dies garantiert zusammen mit den geschliffenen Zahnflanken und der Schrägverzahnung ein geringes Laufgeräusch.

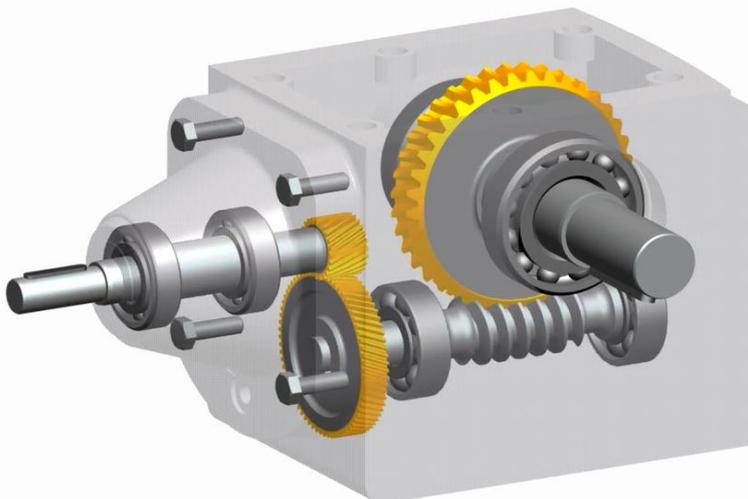
⇒ **Schmierung**

Zahnräder und Lager der Schneckenstufe laufen im Ölbad. Neben einer guten Schmierung wird so eine wirksame Wärmeabfuhr insbesondere von der thermisch hochbeanspruchten Schnecke garantiert. Außen am Gehäuse angegossene Kühlrippen leiten die Wärme an die Umgebung ab.

Die Lager der Antriebswelle (1) sind fettgeschmiert.

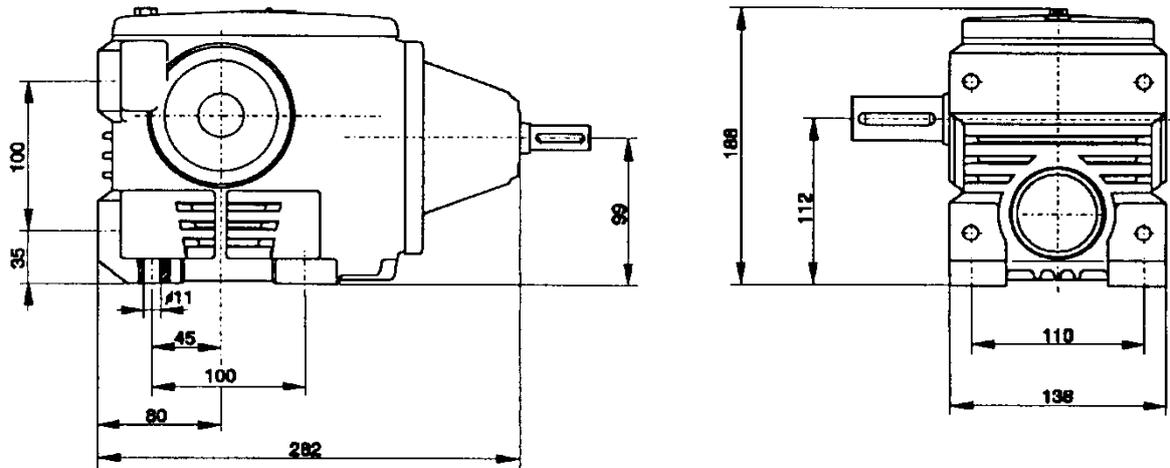
⇒ **Abdichtung**

Die Abdichtung der Abtriebswelle (2) erfolgt durch einen Wellendichtring (13). Ebenso befindet sich auf der Antriebswelle (1) zwischen Ritzel und Lagerung im Antriebslagergehäuse (12) ein Wellendichtring (14). Die Abdichtung der Antriebswelle nach außen (Fettschmierung) übernimmt ein Gamma-Ring (15). Zwischen den Gehäuseteilen werden Flachdichtungen eingesetzt. Nicht benötigte Wellendurchführungen sind mit eingepressten Verschlusskappen (16) verschlossen.



Animation: <http://www.uwe-pret.de/getriebe.mp4>

⇒ Technische Daten



... Abmessungen ohne Wellenanschlüsse

Breite	138 mm
Länge	282 mm
Höhe	188 mm
Gewicht	22 kg

... Wellenanschlüsse

Antrieb	Ø16 x 40 mm	
	Toleranz nach	ISO k6
	Höhe	99 mm
	Passfeder	A 5x32 nach DIN 6885, Blatt 1
Abtrieb	Ø30 x 60 mm	
	Toleranz nach	ISO k6
	Höhe	112 mm
	Passfeder	A 8x50 nach DIN 6885, Blatt 1

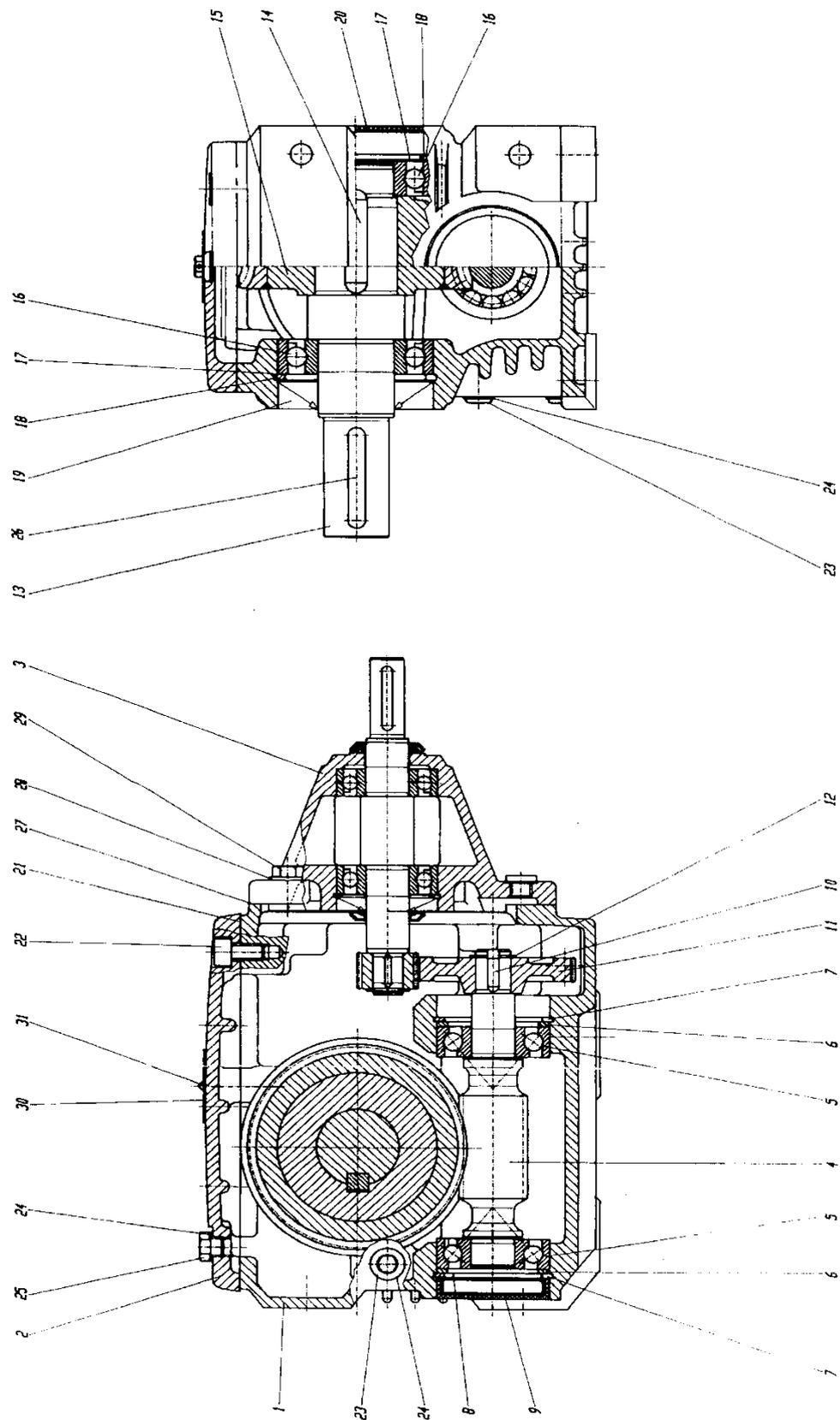
... Übersetzungen

Stirnradstufe	$i_1 = 68/24 = 2.83$
Schneckenradstufe	$i_2 = 37/3 = 12.33$
Gesamtübersetzung	$i = 34.89$

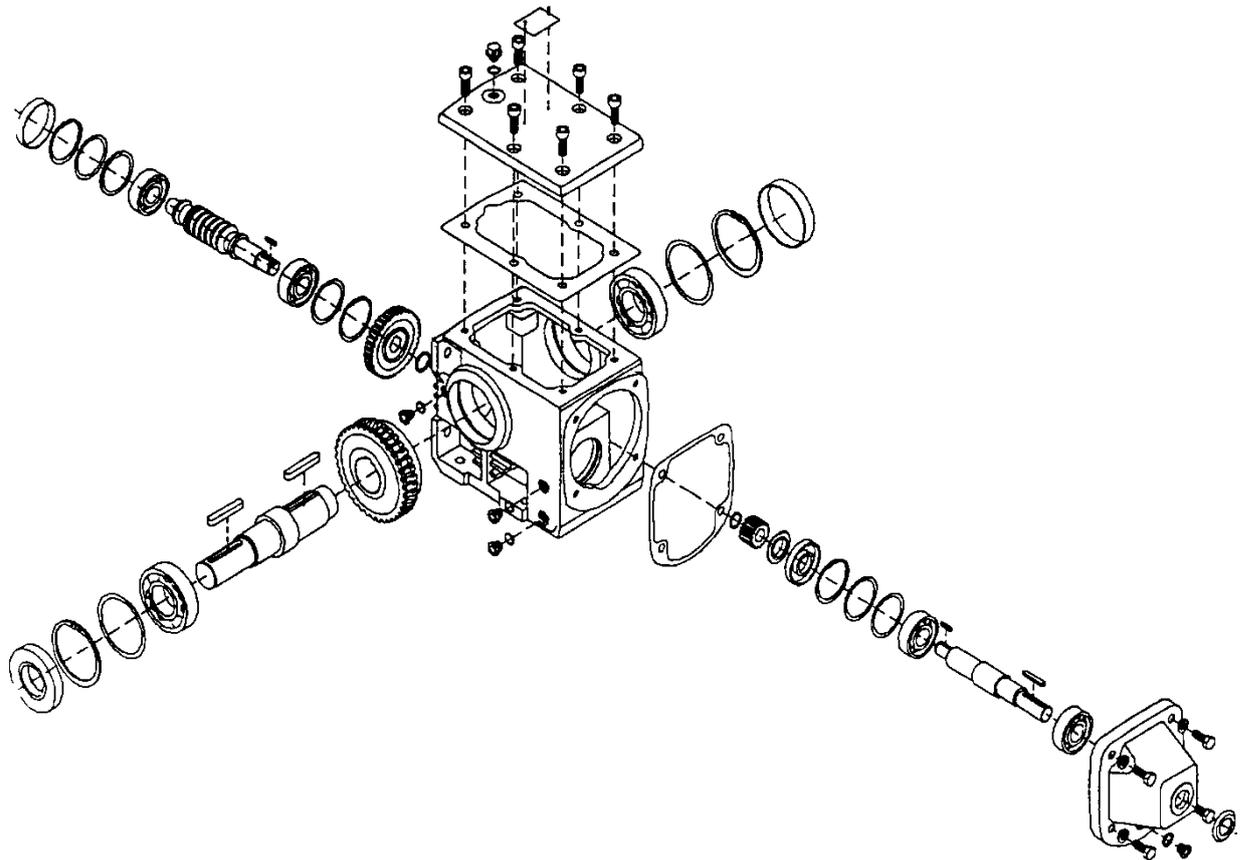
... Leistungsdaten

Antriebsdrehzahl $n_{an}$ in 1/min	930	1400	2800
Abtriebsdrehzahl $n_{ab}$ in 1/min	27	40	80
max. Abtriebsmoment $M_d$ in Nm	230	212	174
max. Leistung $P$ in kW	0.81	1.09	1.79
Wirkungsgrad $\eta$ in %	80	81	81

⇒ Gesamtansicht Erzeugnis (Vorder- und Seitenansicht)



⇒ Explosionsdarstellung

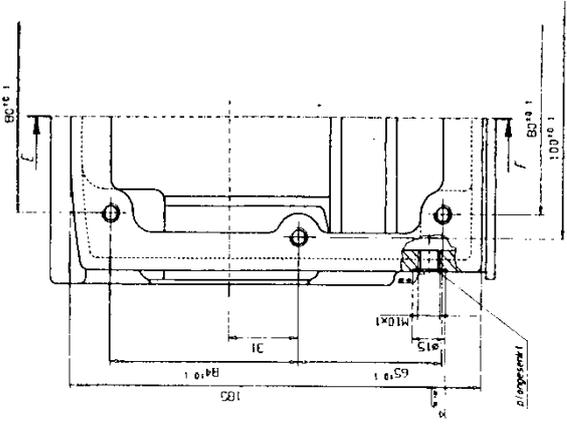
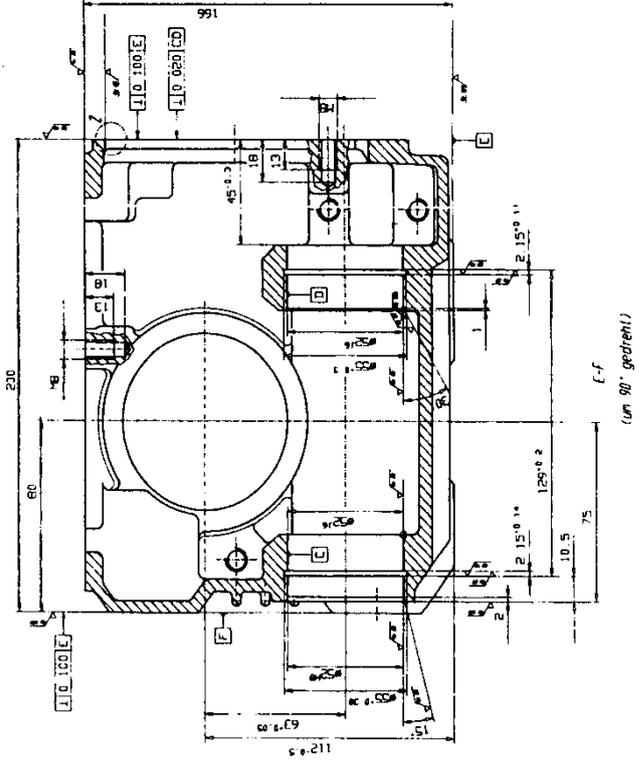
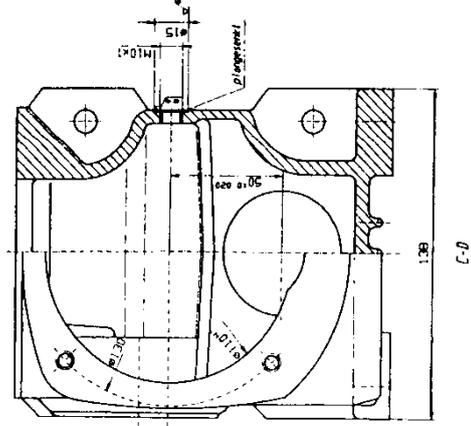
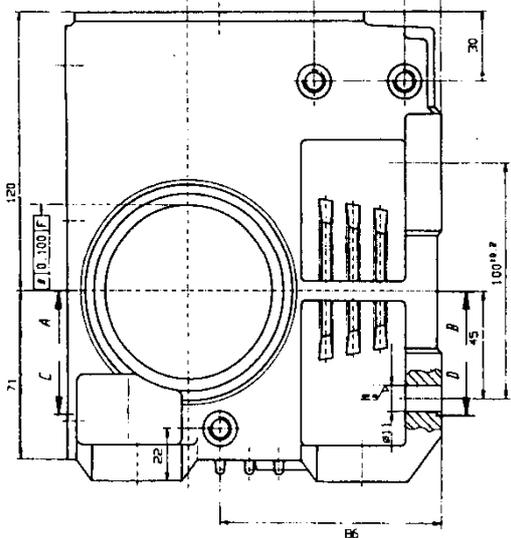
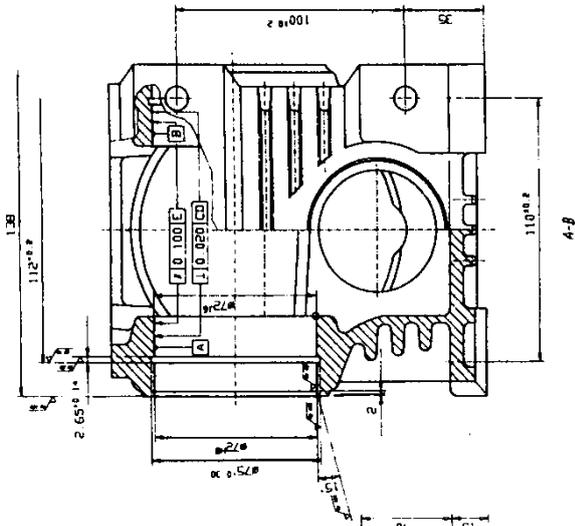




⇒ **Stückliste : Erzeugnis**

1	2	3	4	5	6
Pos.	Menge	Einheit	Benennung	Sachnummer/Norm - Kurzbezeichnung	Bemerkung
1	1	Stck	Schnecken-Fußgehäuse	MT 110.10.00.001	EN-GJL-200
2	1	Stck	Gehäusedeckel	MT 110.10.00.002	EN-GJL-200
3	1	Stck	Antriebsgehäuse	<a href="#">MT 110.00.01.000</a>	
4	1	Stck	Schnecke	MT 110.10.00.003	16MnCr5 BG
5	2	Stck	Schrägkugellager	DIN 628 - 7304 B - 2RS - TVP	<a href="#">Schaeffler Technologies</a>
6	2	Stck	Passscheibe	DIN 988 - 42 x 52 x 2,5	
7	2	Stck	Sicherungsring	DIN 472 - 52 x 2,0	
8	2	Stck	Passscheibe	DIN 988 - 42 x 52 x 0,1	
9	1	Stck	Verschlusskappe	52 x 10	<a href="#">TSS Germany</a>
10	1	Stck	Passfeder	DIN 6885 - B 5 x 5 x 14	
11	1	Stck	Antriebsrad	MT 110.10.00.004	16MnCr5 BG
12	1	Stck	Sicherungsring	DIN 471 - 16 x 1	
13	1	Stck	Abtriebswelle	MT 110.10.00.005	C45
14	1	Stck	Passfeder	DIN 6885 - B 10 x 8 x 42	
15	1	Stck	Schneckenrad	MT 110.10.00.006	
16	2	Stck	Kugellager	DIN 625 - 6207 Z	
17	2	Stck	Passscheibe	DIN 988 - 56 x 72 x 0,1	
18	2	Stck	Sicherungsring	DIN 472 - 72 x 2,5	
19	1	Stck	Wellendichtring	DIN 3760 - AS 35 x 72 x 12	
20	1	Stck	Verschlusskappe	72 x 9	<a href="#">TSS Germany</a>
21	1	Stck	Dichtung	MT 110.10.00.007	Uniseal 3400
22	6	Stck	Zylinderschraube	DIN 912 - M8 x 16	
23	6	Stck	Verschlusschraube	DIN 908 - M10 x 1	
24	7	Stck	Dichtring	DIN 7603 - A 10 x 13,5	
25	1	Stck	Entlüftungsschraube	MT 110.10.00.010	
26	1	Stck	Passfeder	DIN 6885 - A 8 x 7 x 50	
27	1	Stck	Motordichtung	MT 110.10.00.008	Uniseal 3400
28	4	Stck	Federring	DIN 127 - A 8	
29	4	Stck	Sechskantschraube	DIN 933 - M8 x 25	Stahl 8.8
30	1	Stck	Typenschild	MT 110.10.00.009	
31	2	Stck	Kerbnagel	DIN 1476 - 2,6 x 3	

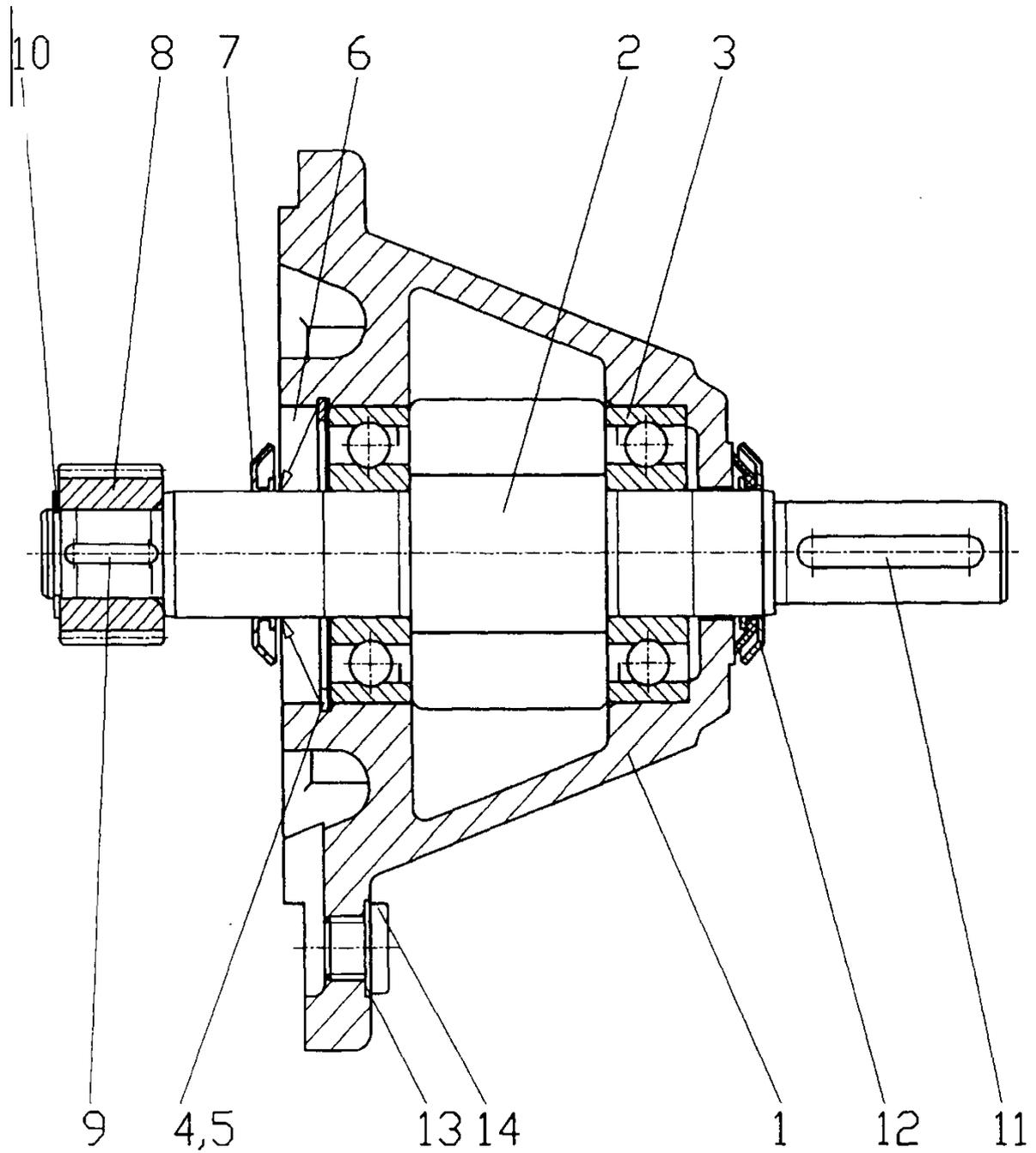
⇒ Zeichnung : MT 110 10 00 001 Schnecken-Fußgehäuse



(um 90° gedreht)



⇒ Zeichnung : MT 110 00 01 000 Antriebsgehäuse

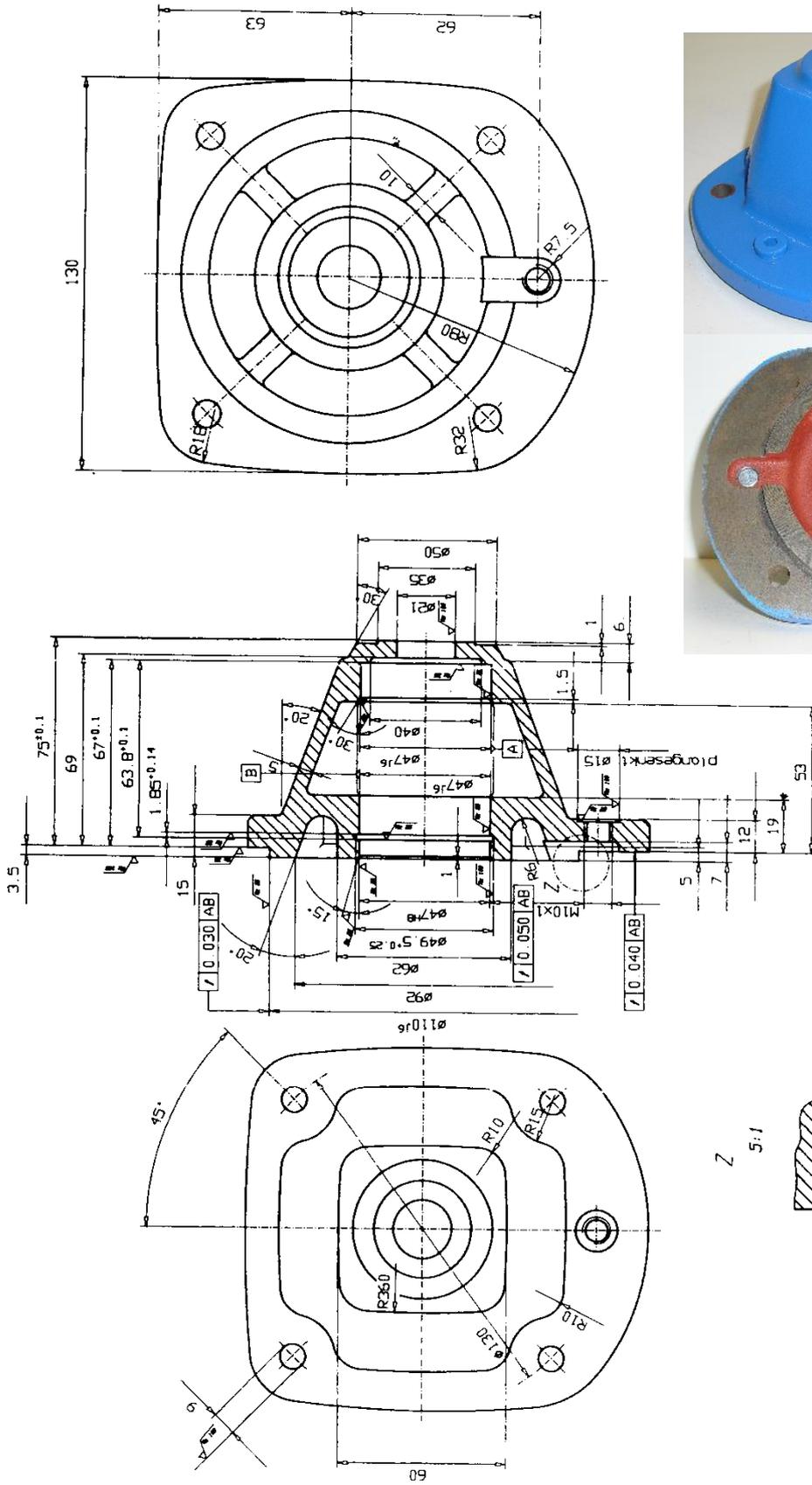


⇒ **Stückliste : Baugruppe „Antriebsgehäuse“**

1	2	3	4	5	6
Pos.	Menge	Einheit	Benennung	Sachnummer/Norm - Kurzbezeichnung	Bemerkung
1	1	Stck	Antriebsgehäuse	MT 110.10.01.001	EN-GJL-200
2	1	Stck	Antriebswelle	MT 110.10.01.002	42CrMo4
3	2	Stck	Kugellager	DIN 625 - 6204 Z	
4	2	Stck	Passscheibe	DIN 988 - 37 x 47 x 0,1	
5	1	Stck	Sicherungsring	DIN 472 - 47x1,75	
6	1	Stck	Wellendichtring	DIN 3760 - A 20x47x7	
7	1	Stck	Gamma-Ring	TBR 000250	<a href="#">TSS Germany</a>
8	1	Stck	Antriebsritzel	MT 110.10.01.003	16MnCr5 BG
9	1	Stck	Passfeder	DIN 6885 - A 3x3x16	
10	1	Stck	Sicherungsring	DIN 471 - 14 x 1	
11	1	Stck	Passfeder	DIN 6885 - A 5x5x32	
12	1	Stck	Gamma-Ring	TBR 000250	<a href="#">TSS Germany</a>
13	1	Stck	Dichtring	DIN 7603 - 10 x 13,5	
14	1	Stck	Verschlussschraube	DIN 908 - M10 x 1	

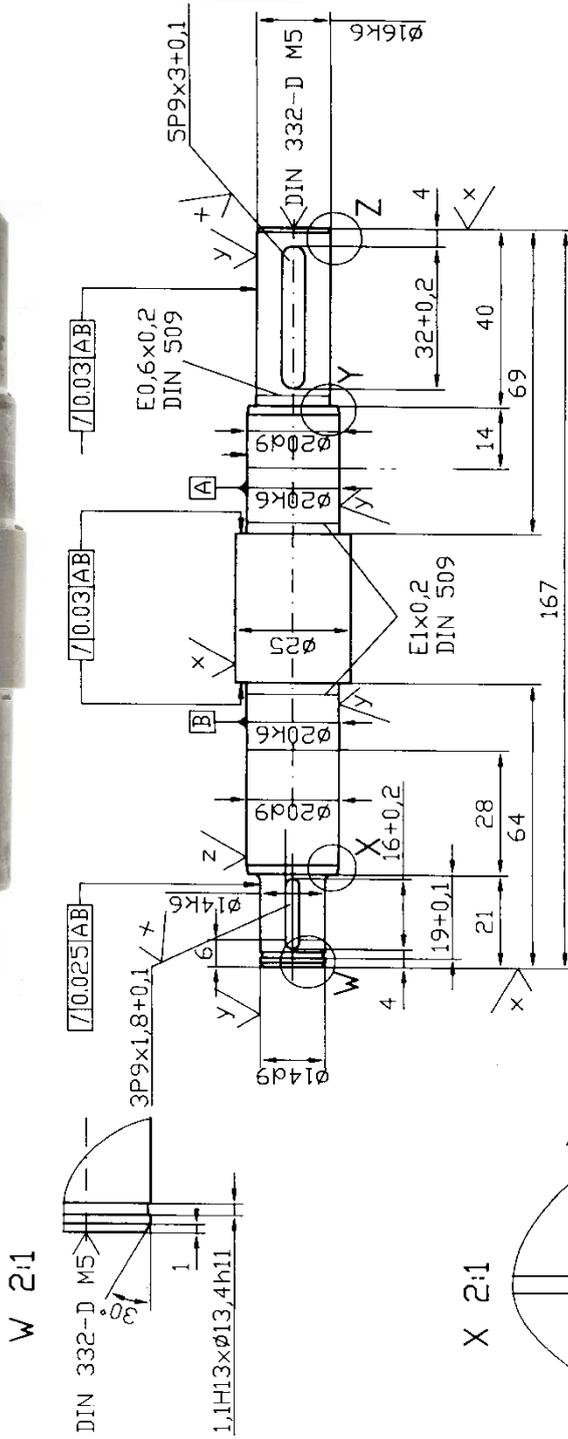


⇒ Zeichnung : MT 110 10 01 001 Antriebsgehäuse



→ Zeichnung : MT 110 10 01 002 Antriebswelle

Nennmaß Tol.-Klasse	Abma.ß
1,1H13	+0,140 0
3P9	-0,006 -0,031
5P9	-0,012 -0,042
13,4h11	0 -0,110
14k6	+0,012 +0,001
14d9	-0,050 -0,093
16k6	+0,012 +0,001
20k6	+0,015 +0,002
20d9	-0,065 -0,117



$$x/ = \sqrt[12,5]{\Delta}$$

$$y/ = \sqrt[0,8]{\Delta}$$

$$z/ = \sqrt[0,1]{\Delta} \text{ drallfrei geschliffen}$$

$$-0,3$$

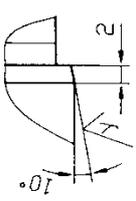
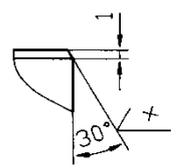
$$3,2 \sqrt{\Delta}$$

W 2:1

X 2:1

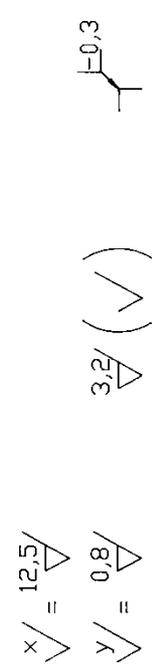
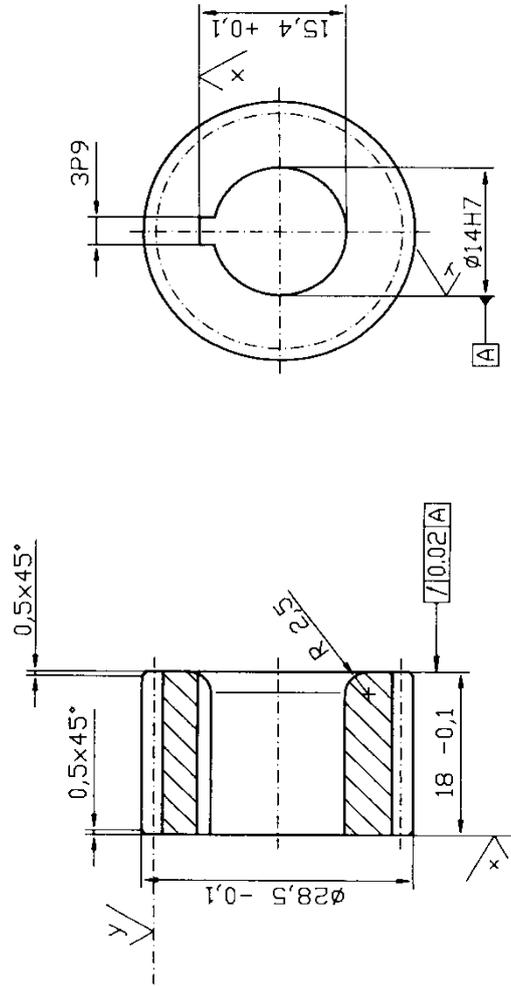
Y 2:1

Z 2:1



⇒ Zeichnung : MT 110 10 01 003 Antriebsritzel

Nennmaß Tol.-Klasse	Abmaß
3P9	$\begin{pmatrix} -0,006 \\ -0,031 \end{pmatrix}$
14H7	$\begin{pmatrix} +0,018 \\ 0 \end{pmatrix}$



Stirnrad	außenverzähnt	
	innenverzähnt	
Modul	$m$	1
Zähnezahl	$z$	24
Bezugsprofil	Verzahnung	DIN 867
	Werkzeug	DIN 3972-IIIxI
Schrägungswinkel	$\beta$	22°
Flankenrichtung		links
Teilkreisdurchmesser	$d$	25,885
Grundkreishalbmesser	$r_b$	12,048
Profilverschiebungsfaktor	$x$	+0,320
	$w_k$	10,907
Zahnweite	$w_k$	10,879
	$K$	4
Messzähnezahl	$F_f$	0,012
	$F_b$	0,013
	$F_r$	0,022
Einsatzgehärtet	HV	720 ±40
	Eht	0,2 ±0,1
Gegenrad	Sachnummer	MT 110.10.00.004
	Zähnezahl	$z_g$
Achsenabstand mit Abmaßen	$a_t$	50 ±0,020



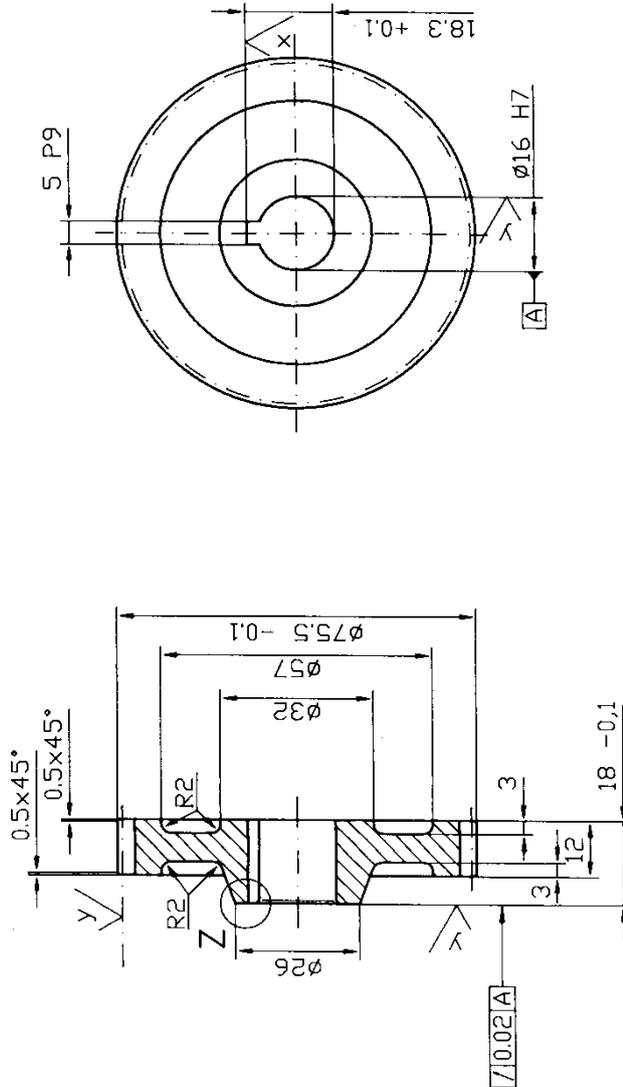


⇒ Zeichnung : MT 110 10 00 004 Antriebsrad

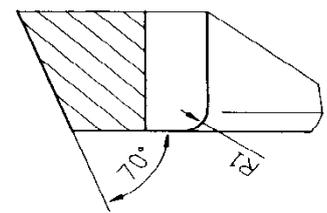


Nennmaß Tol.-Klasse	Abma.ße
5P9	$\begin{pmatrix} -0,012 \\ -0,042 \end{pmatrix}$
16H7	$\begin{pmatrix} +0,018 \\ 0 \end{pmatrix}$

Stirnrad		außenverzähnt	innenverzähnt
Modul	$m_b$	1	
Zähnezahl	$z$	58	
Bezugsprofil	Verzahnung	DIN 867	
	Werkzeug	DIN 3972-IIIx1	
Schrägungswinkel	$\beta$	22°	
Flankenrichtung		rechts	
Teilkreisradius	$d$	73,340	
Grundkreisradius	$r_b$	34,135	
Profilverschiebungsfaktor	$x$	+0,077	
Zahnweite	$w_k$	29,199	
	$w_k$	29,162	
Meßzähnezahl	$K$	10	
zulässige Abweichung	$F_f$	0,012	
L 7 B DIN 3961	$F_{\beta}$	0,013	
	$F_r$	0,028	
Einsatzgehärtet	HV	720 ±40	
	Eht	0,2 +0,1	
Gegenrad	Sachnummer	MT 110.10.01.003	
	Zähnezahl	$z_2$ 24	
Achsenabstand mit Abmaßen	$a_{\pm}$	50 ±0,020	



Z 5:1



$$x \sqrt{\Delta} = 12,5 \sqrt{\Delta}$$

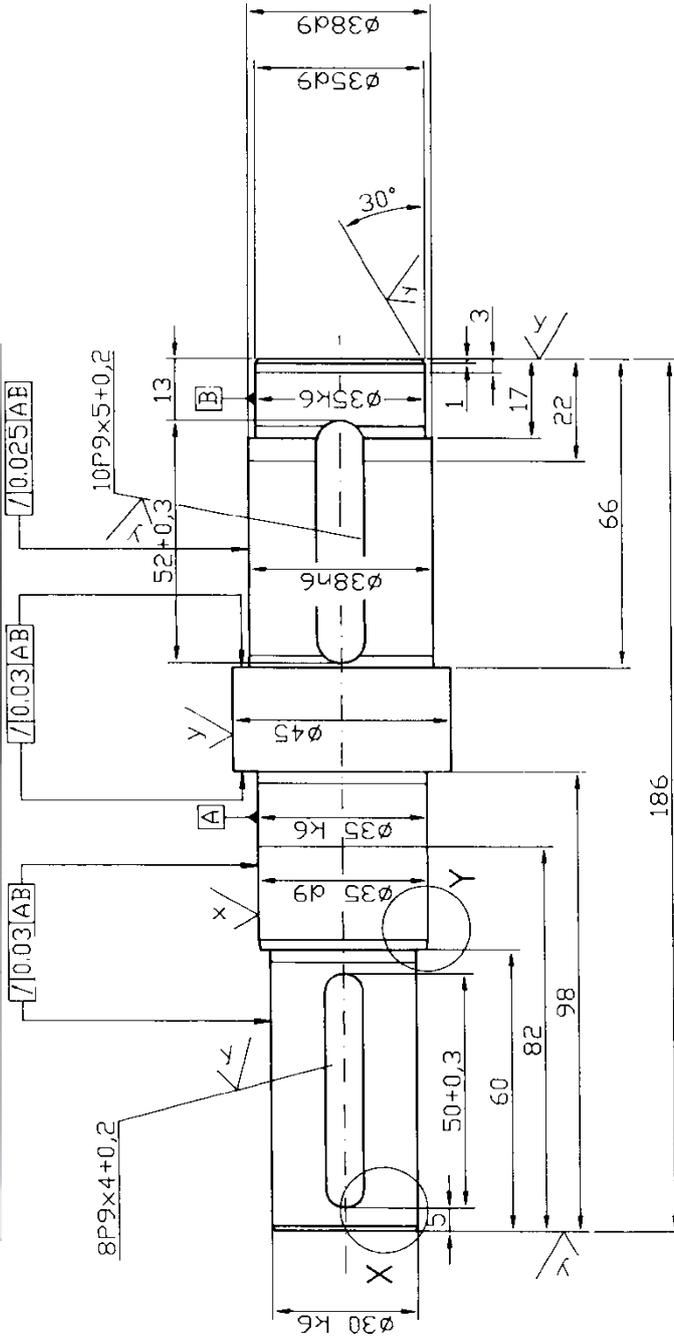
$$y \sqrt{\Delta} = 0,8 \sqrt{\Delta}$$

$$3,2 \sqrt{\Delta} (\checkmark)$$

$$-0,3$$

→ Zeichnung : MT 110 10 00 005 Abtriebswelle

Nennmaß	Abmaß
8P9	$\begin{pmatrix} -0,015 \\ -0,051 \end{pmatrix}$
10P9	$\begin{pmatrix} -0,015 \\ -0,051 \end{pmatrix}$
30k6	$\begin{pmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{pmatrix}$
35k6	$\begin{pmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{pmatrix}$
35d9	$\begin{pmatrix} -0,080 \\ -0,142 \end{pmatrix}$
38n6	$\begin{pmatrix} +0,033 \\ +0,017 \end{pmatrix}$
38d9	$\begin{pmatrix} -0,080 \\ -0,142 \end{pmatrix}$



Alle Freistich  
 E1x0,2 DIN 509

drahtfrei geschliffen

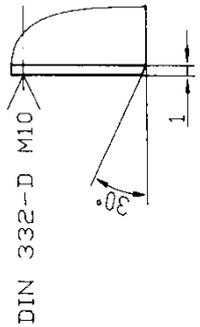
$$x \sqrt{\quad} = 0,4$$

$$y \sqrt{\quad} = 12,5$$

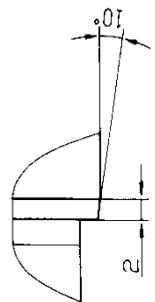
$$0,8 \sqrt{\quad} (\checkmark)$$

$$|-0,3$$

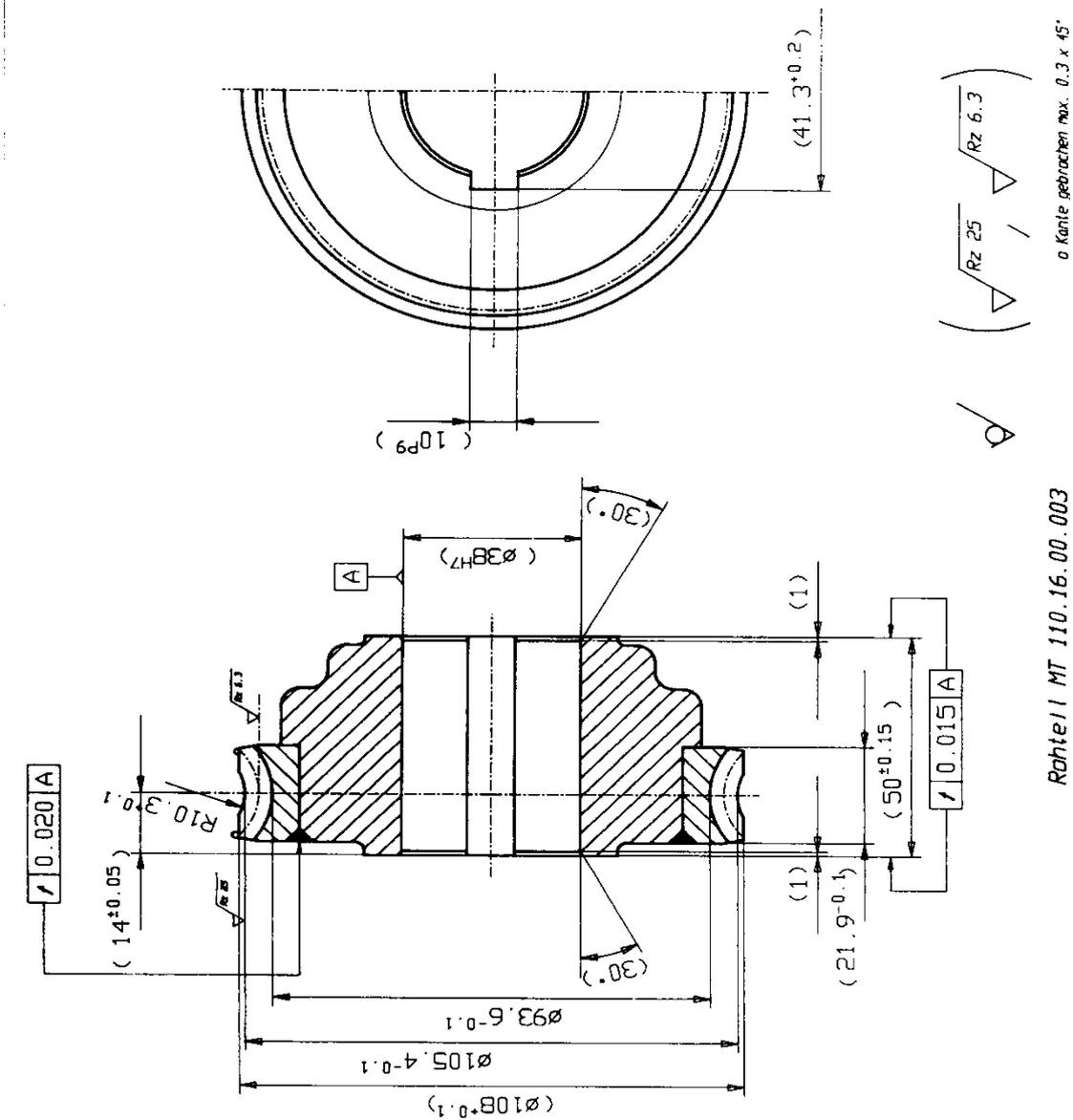
X 2:1



Y 2:1



⇒ Zeichnung : MT 110 10 00 006 Schneckenrad



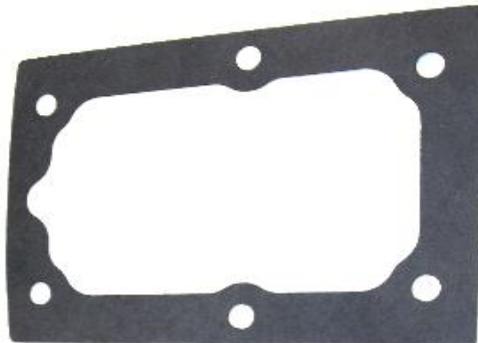
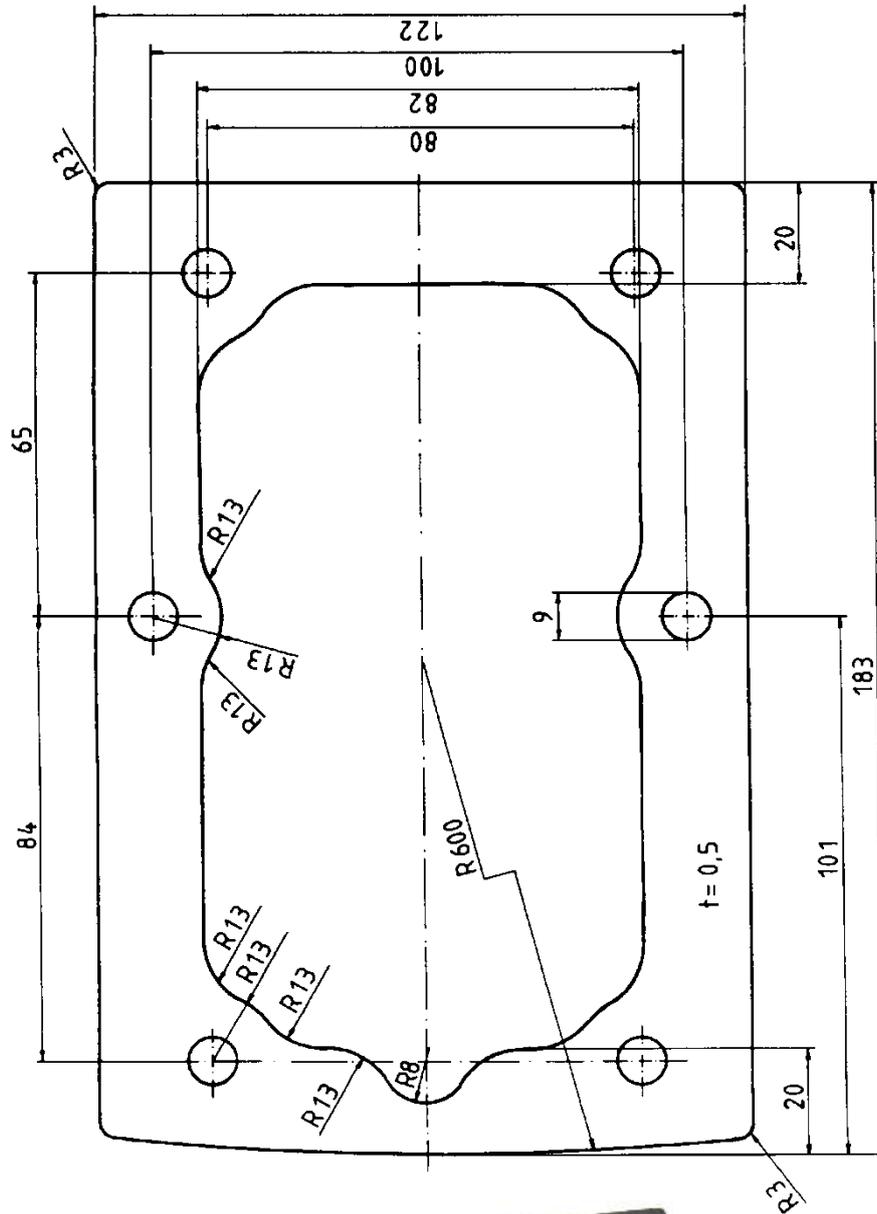
Rohteil MT 110.16.00.003

o Kante gebrochen max. 0.3 x 45°

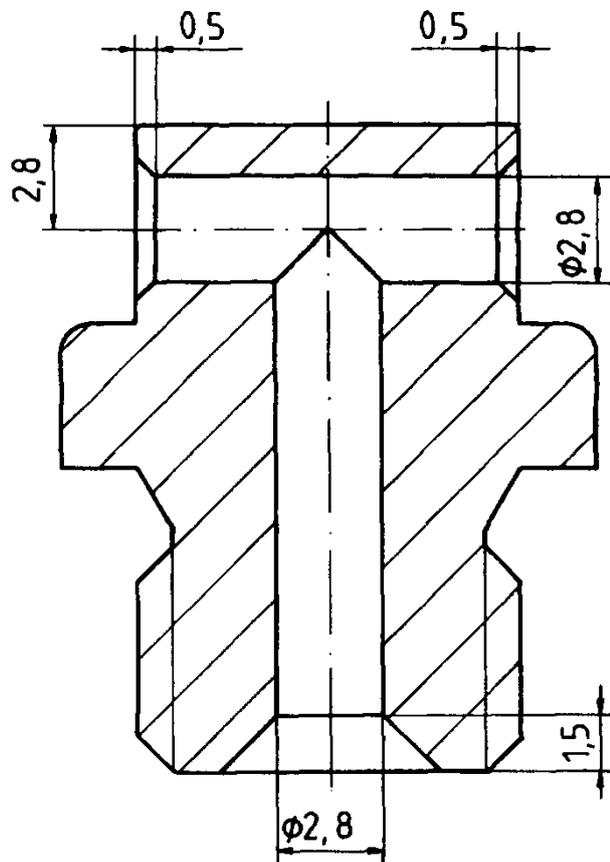
Zahnezahl	$Z_2$	37
Stirnmodul	$m$	2.7
Normalmodul	$m_n$	2.578
Teillreisdurchmesser	$d_g$	99.9
Profilverschiebung	$x \cdot m$	+0.050
Mittellreisdurchmesser	$d_{m2}$	100.0
Erzeugungswinkel	$\alpha_g$	20°
Zahnhöhe	$h$	5.9
Schnecke	MT 110.10.00.003	
Flankenform	K	DIN 3975
Zahnezahl	$Z_1$	3
Steigungsrichtung		rechts
Mittensteigungswinkel	$\gamma_m$	17.3°
Mittellreisdurchmesser	$d_{m1}$	26.0
Schneckenradwälzfräser	als Kopfüberschneider	
	G00klasse 8 DIN 3008	
Kopfrundungshalbmesser	$r_a$	0.8
Achsabstand mit Abmaßen	$a_f$	63 ±0.05
Zahnflankenweitensehne	$\bar{e}_{nm}$	4.049
Zahnflankenweitentoleranz	$T_f$	0.040
Axialspiel-Redesatz	$j_x$	0.079 0.177



⇒ Zeichnung : MT 110 10 00 007 Dichtung



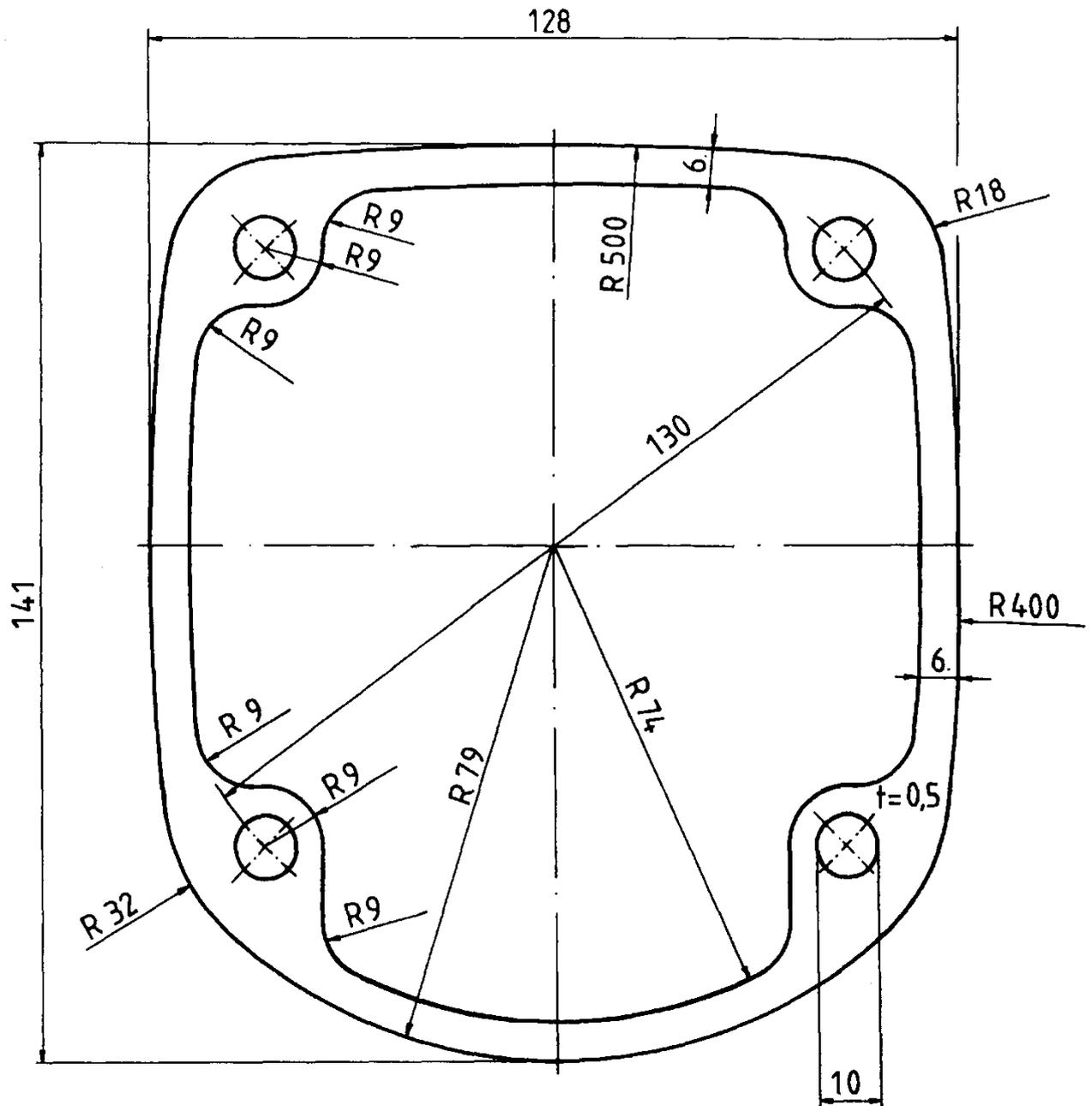
⇒ Zeichnung : MT 110 10 00 010 Entlüftungsschraube



Rohteil: Verschlussschraube DIN 910 -  
M10 x 1



⇒ Zeichnung : MT 110 10 00 008 Motordichtung



## 1.2 Zielsetzungen

Aus dem Zielkatalog der Firma werden folgende projektbezogene Planungsziele abgeleitet:

1. moderne, flussgerechte Fertigungsprinzipien bevorzugen,
2. materialflussgerechte Anordnung der Bereiche und Maschinen,
3. logistisch günstige Transportwegtrassierung,
4. minimale Bestände (Lager und Pufferanzahl optimieren),
5. gute Zugänglichkeit zu Maschinen und Arbeitsplätzen (Material, Personal, Infos, Medien),
6. gute Flächennutzung (geringer Flächenverbrauch),
7. günstige Restflächennutzbarkeit,
8. humane und sichere Arbeitsbedingungen,
9. Mehrmaschinenbedienung realisieren,
10. Übersichtlichkeit (Transparenz),
11. Erweiterungsfähigkeit.

Dieser Katalog umfasst nicht alle Projektziele, sondern ist auf die Layoutplanung fokussiert! Es wurden hier somit ausschließlich Layoutziele festgelegt.

Eine Vielzahl weiterer firmenpolitischer, technischer, organisatorischer, wertstromorientierter, betriebswirtschaftlicher, ökologischer, humanzentrierter und weiterer Ziele bestehen für das geplante Projekt ausserdem noch!

Ziele der Fabrikplanung stehen oftmals in Wechselbeziehung (komplementär, konkurrierend) zueinander.

Beispielsweise ist eine gute Zugänglichkeit zu Arbeitsplätzen (Bedienung und Wartung an der Maschine bzw. dezentrale Pufferung in unmittelbarer Maschinennähe) an dafür notwendige Flächen gekoppelt.

Ziel 5 und Ziel 6 konkurrieren demnach.

Demgegenüber führt die Realisierung der Mehrmaschinenbedienung zu einer Flächeneinsparung durch Überlagerung der Bedienflächen. Die Ziele 6 und 9 sind somit komplementär.

Fabrikplanerisch problematisch sind vor allem Konflikte. Zur Lösung bedarf es der Herbeiführung von Kompromissen. Das besondere Problem besteht dabei vor allem einerseits in der großen Anzahl von Fabrikplanungszielen, andererseits in deren mannigfaltigen Wechselwirkungen.

Kompromisse in der Fabrikplanung werden realisiert durch die Planung von Varianten (z. B. Groblayout- und Feinlayoutvarianten).

Die Ziele sollten des Weiteren als primäre Bewertungskriterien für die spätere Variantenbewertung (z.B. im Rahmen von Nutzwertanalysen) herangezogen werden.

### 1.3 Produktionsprogramm (Eigenfertigung)

lfd. Nr.	Zeichungs-Nr.	Benennung	Werkstoff	Halbzeug	Rohteilgewicht $m_R$ [kg/Stck]	Menge $X_{\text{erf}}$ [Stck/a]
1	MT 110.10.00.001	Schnecken- Fußgehäuse	EN-GJL-200	Gussteil Modell 183/97 (1)	7,5	36.000
2	MT 110.10.00.002	Gehäusedeckel	EN-GJL-200	Gussteil Modell 183/97 (2)	1,8	36.000
3	MT 110.10.01.001	Antriebsgehäuse	EN-GJL-200	Gussteil Modell 183/97 (2)	4,0	36.000
4	MT 110.10.01.002	Antriebswelle	42CrMo4	Rundstab EN 10060 30x169	0,9	36.000
5	MT 110.10.01.003	Antriebsritzel	16MnCr5 BG	Gesenkschmiedeteil	0,1	36.000
6	MT 110.10.00.003	Schnecke	16MnCr5 BG	Rundstab EN 10060 35x159	1,2	36.000
7	MT 110.10.00.004	Antriebsrad	16MnCr5 BG	Gesenkschmiedeteil	0,8	36.000
8	MT 110.10.00.005	Abtriebswelle	C45	Rundstab EN 10060 50x192	3,0	36.000

Hinweis: Ein Foto der Eigenfertigungsteile befindet sich auf Seite 12 (unten)!

Alle übrigen Werkstücke (lt. Stückliste) sind **Zukaufteile** (Normteile bzw. Fremdfertigung).

Der **Bruttobedarf** basiert auf dem **Nettobedarf** (siehe S. 3) gem. Stücklistenauflösung mit Auslegung an der oberen Grenze (35000 Stck/a) und berücksichtigt weiterhin **Ersatzteile** und **sonstigen Mehrbedarf (2%)** sowie **Ausschussteile** und **anrechenbare Nacharbeit (0,84%)**.

Hinweis: **Ersatzteilbedarf, Ausschuss und Nacharbeit** wurden hier aus Vereinfachungsgründen als **pauschale Kennzahlen** angegeben, müssen in der Praxis jedoch anhand der Spezifik von Kundenanforderungen, Produkteigenschaften, Prozessen und Betriebsmitteln für jedes Einzelteil **differenziert** erhoben werden.

## 2 Strukturplanung

[2.1 Arbeitspläne Teilefertigung](#)

[2.2 Betriebsmittelcharakteristiken](#)

[2.3 Ablaufschema Teilefertigung](#)

[2.4 Ablaufschema Montage](#)

[2.5 Auswahl des Fertigungsprinzips](#)

[2.6 Losgrößenbestimmung](#)

## 2 Strukturplanung

### 2.1 Arbeitspläne Teilefertigung

#### Schnecken-Fußgehäuse MT 110.10.00.001

AG-Nr. Teil 1	Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	Kosten- stelle	Rüstzeit $t_r$ [min/Los]	Stückzeit $t_e$ [min/Stck]
10	automatisch strahlen (innen und außen)		1225		
20	temporärer Korrosionsschutz		1225		
30	fräsen Bezugsflächen in Vorrichtung (3-Seiten-Bearbeitung), prüfen	DMU 50 V	1715	16	6
40	fräsen fertig (5 Seiten-Bearbeitung)	CU 72 H	1715	28	32
50	entgraten, säubern	Entgratplatz	1715	8	2
60	prüfen nach Prüfplan		1715		

#### Gehäusedeckel MT 110.10.00.002

AG-Nr. Teil 2	Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	KST	$t_r$ [min/Los]	$t_e$ [min/Stck]
10	automatisch strahlen		1225		
20	temporärer Korrosionsschutz		1225		
30	planfräsen der Auflagefläche	DMU 50 V	1715	12	2
40	bohren, plansenken, gewindebohren (alle Bohrungen komplett)	CU 72 H	1715	30	2
50	entgraten, säubern	Entgratplatz	1715	8	1
60	prüfen nach Prüfplan		1715		

#### Antriebsgehäuse MT 110.10.01.001

AG-Nr. Teil 3	Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	KST	$t_r$ [min/Los]	$t_e$ [min/Stck]
10	automatisch strahlen (innen und außen)		1225		
20	temporärer Korrosionsschutz		1225		
30	drehen komplett, prüfen	TNC 65	1715	22	10
40	bohren, plansenken, gewindebohren (alle Bohrungen komplett)	DMU 50 V	1715	20	4
50	prüfen nach Prüfplan		1715		

#### Antriebswelle MT 110.10.01.002

AG-Nr. Teil 4	Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	KST	$t_r$ [min/Los]	$t_e$ [min/Stck]
10	sägen 169 lang	ABS 280	1715	15	0,5
20	drehen kplt. mit Schleifaufmaß, prüfen	TNC 65	1715	25	5
30	schleifen Lager- und Dichtsitz (drallfrei)	ZX 1	1715	15	4
40	prüfen nach Prüfplan		1715		

Wasarbeitsvorgänge, soweit diese notwendig sind, wurden aus Vereinfachungsgründen vernachlässigt!

**Antriebsritzel MT 110.10.01.003**

AG-Nr. Teil 5	Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	KST	t <sub>r</sub> [min/Los]	t <sub>e</sub> [min/Stck]
10	automatisch strahlen		1225		
20	temporärer Korrosionsschutz		1225		
30	drehen kplt. mit Schleifaufmaß, prüfen	TNC 65	1715	18	4
40	räumen Nut	RISZ 10x1000x320	1715	17	1
50	fräsen Verzahnung, prüfen (Stichprobe)	PE 150 C	1715	24	4
60	entgraten, säubern	Entgratplatz	1715	5	1
70	einsatzhärten (Innenflächen abdecken)		2733		
80	schleifen Ø 14M6 und Planfläche	ZX 1	1715	15	2
90	wälzschälen Zahnflanken (fertig)	PF 150	1715	18	3,5
100	prüfen nach Prüfplan		1715		

**Schnecke MT 110.10.00.003**

AG-Nr. Teil 6	Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	KST	t <sub>r</sub> [min/Los]	t <sub>e</sub> [min/Stck]
10	sägen 159 lang	ABS 280	1715	15	1
20	komplett drehen mit Schleifaufmaß, prüfen	TNC 65	1715	25	5
30	fräsen Schneckenverzahnung, prüfen	PE 150 C	1715	24	2
40	entgraten	Entgratplatz	1715	5	1
50	einsatzhärten		2733		
60	schleifen der Lagersitze, prüfen	ZX 1	1715	17	2
70	wälzschleifen der Schneckenverzahnung		1997		
80	prüfen nach Prüfplan		1715		

**Antriebsrad MT 110.10.00.004**

AG-Nr. Teil 7	Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	KST	t <sub>r</sub> [min/Los]	t <sub>e</sub> [min/Stck]
10	automatisch strahlen		1225		
20	temporärer Korrosionsschutz		1225		
30	komplett drehen mit Schleifaufmaß, prüfen	TNC 65	1715	25	5
40	räumen Nut	RISZ 10x1000x320	1715	20	1,5
50	fräsen Verzahnung, prüfen	PE 150 C	1715	24	4
60	entgraten, säubern	Entgratplatz	1715	5	1
70	einsatzhärten (Innenflächen abdecken)		2733		
80	schleifen innen und Stirnseite, prüfen	ZX 1	1715	15	1,5
90	wälzschälen der Zahnflanken	PF 150	1715	30	5
100	prüfen nach Prüfplan		1715		

**Abtriebswelle MT 110.10.00.005**

AG-Nr. Teil 8	Benennung des Arbeitsvorganges	Betriebsmittel	KST	t <sub>r</sub> [min/Los]	t <sub>e</sub> [min/Stck]
10	sägen 192 lang	ABS 280	1715	8	1
20	drehen komplett mit Schleifaufmaß, prüfen	TNC 65	1715	25	7,5
30	schleifen Lagersitz und Dichtsitz (drallfrei)	ZX 1	1715	24	2,5
40	prüfen nach Prüfplan		1715		

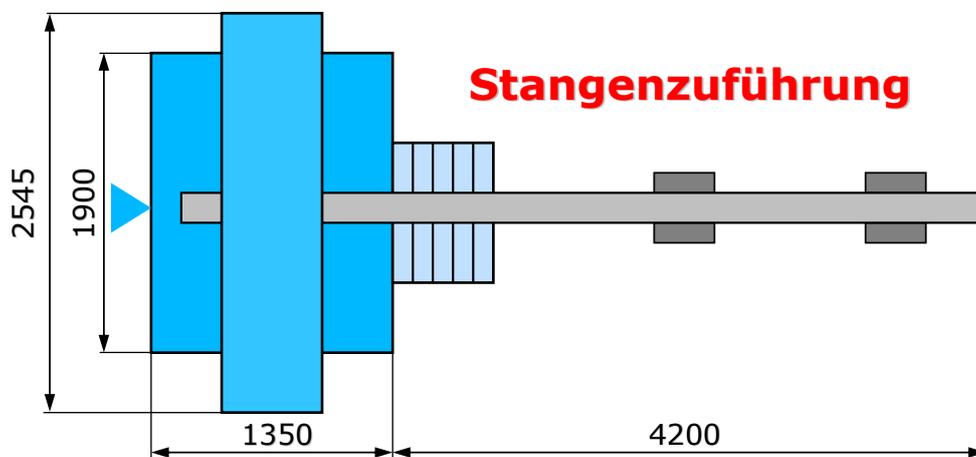
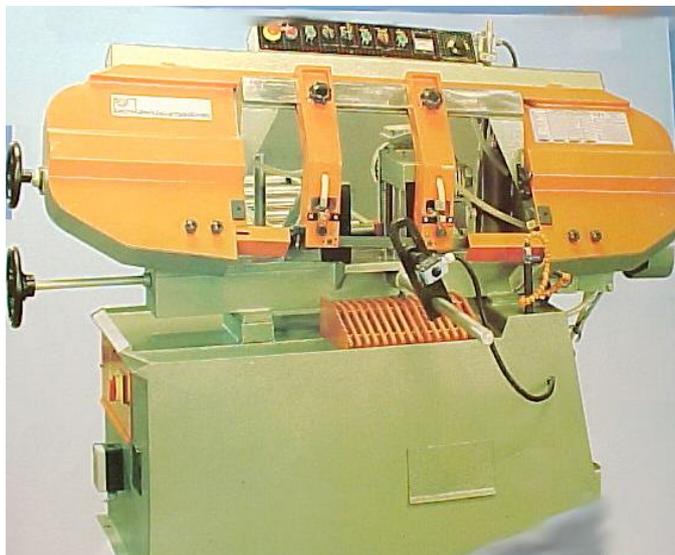
Wascharbeitsvorgänge, soweit diese notwendig sind, wurden aus Vereinfachungsgründen vernachlässigt!

## 2.2 Betriebsmittelcharakteristiken

Legende :

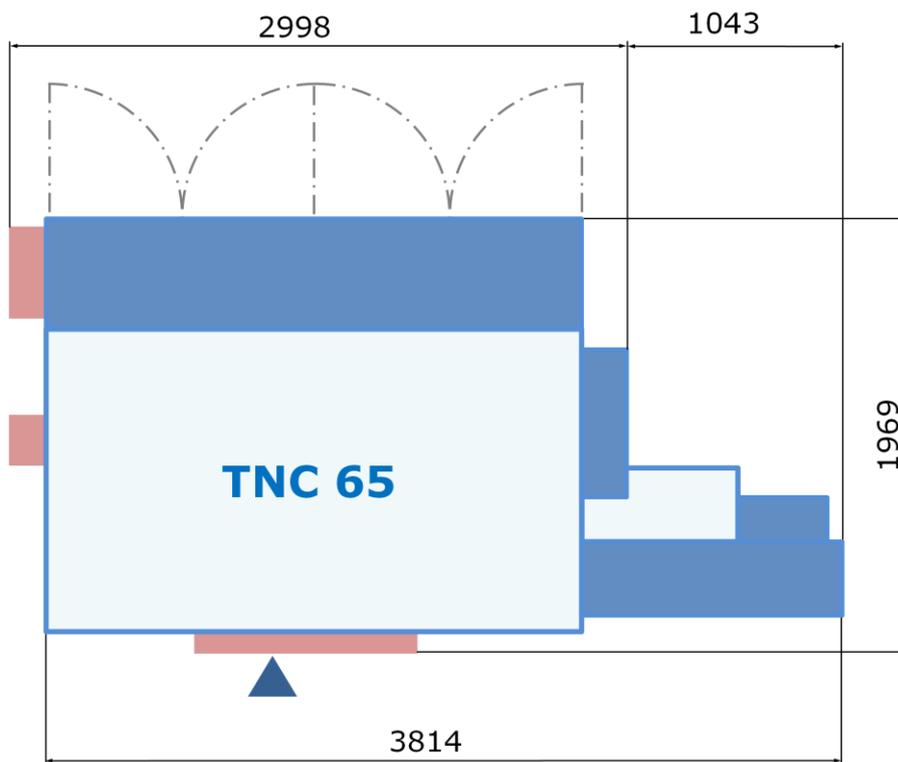
1. **Benennung der Maschine**
2. Erläuterung
3. Hersteller
4. Abmessungen Breite der Maschine  $B_M$   
Tiefe der Maschine  $T_M$   
Höhe der Maschine  $H_M$
5. Anschlussleistung (kVA)
6. Gewicht (Nettomasse)

1. **ABS 280**
2. Bandsägeautomat  
Schneiddurchmesser (rund) 280 mm
3. KNUTH GmbH Neumünster
4.  $B_M$  Aufstellplan  
 $T_M$   
 $H_M$  1200 mm
5. 1,1 kVA
6. 500 kg



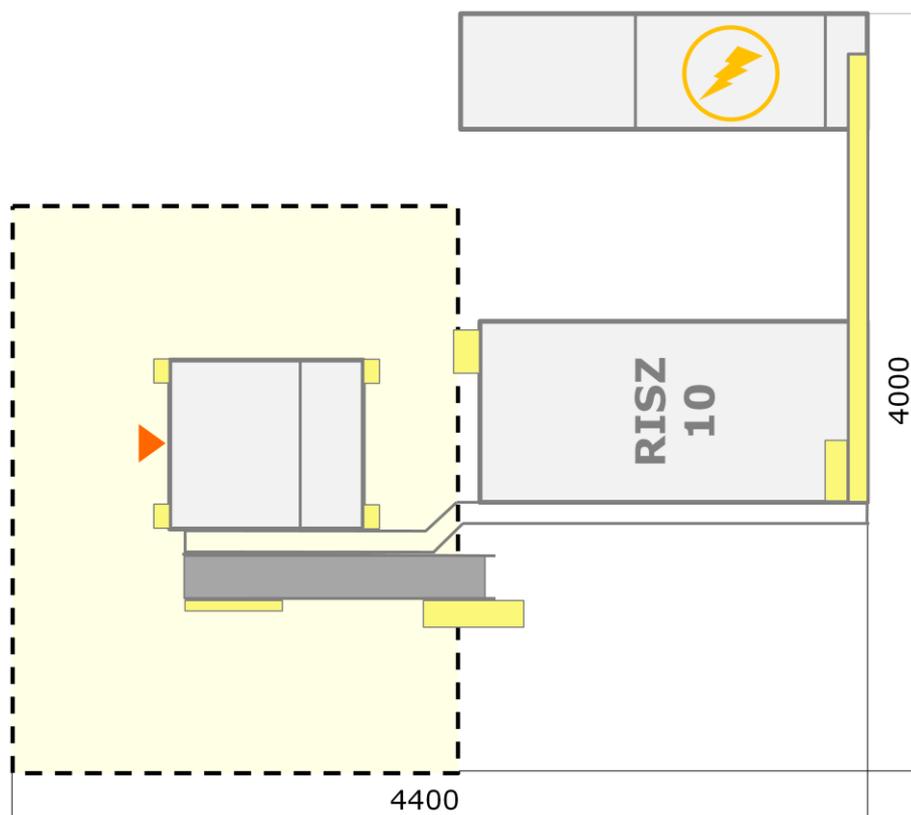


1. **TNC 65**
2. CNC-Hochleistungs-Drehzentrum  
Drehlänge 450 mm, maximaler Stangendurchmesser 65 mm (in Stangenzuführung)
3. TRAUB AG Reichenbach/Fils
4.  $B_M$  } diese Maßangaben sind aus dem Aufstellplan zu entnehmen  
 $T_M$  }  
 $H_M$  } 1790 mm
5. 39 kVA
6. 4.725 kg



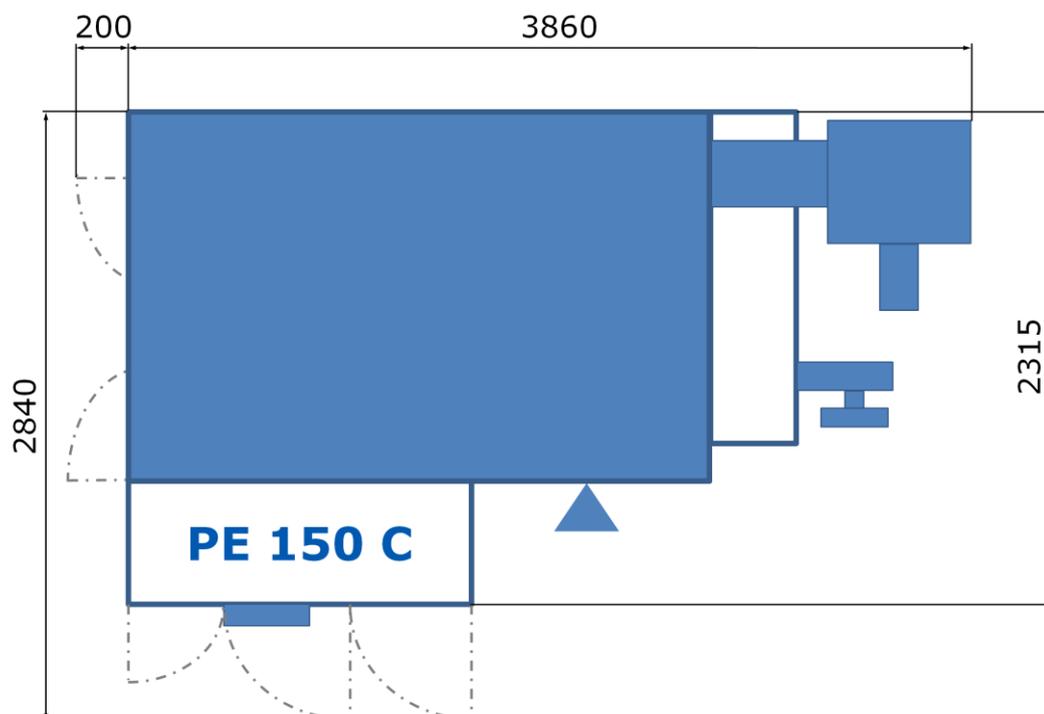


1. **RISZ 10x1000x320**
2. Senkrecht-Innenräummaschine  
Zugkraftleistung 100 kN, Hub 1000 mm, Aufspannpalettenbreite 360 mm
3. Arthur Klink GmbH Pforzheim
4.  $B_M$  diese Maßangaben sind aus dem Aufstellplan zu entnehmen  
 $T_M$  }  
 $H_M$  } 2805 mm      3935 mm
5. 26 kVA
6. 4.200 kg



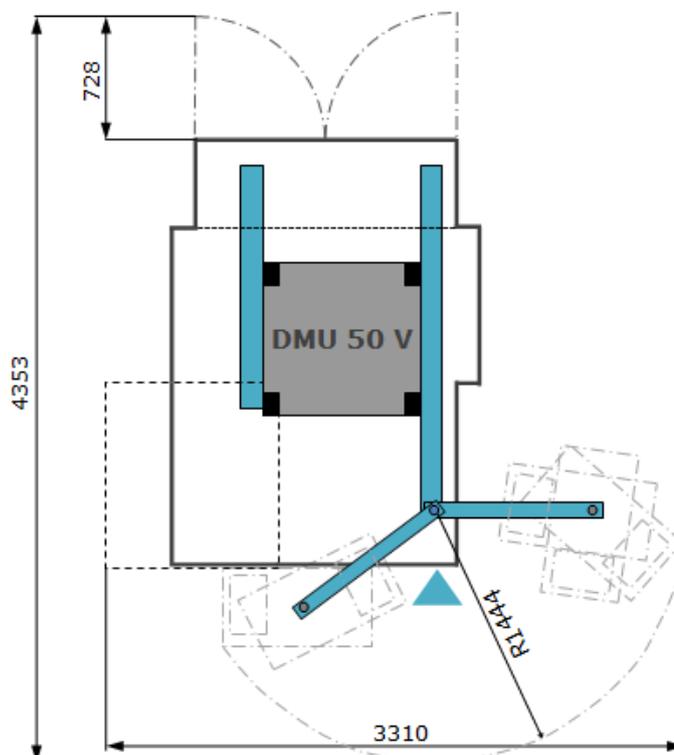


1. **PE 150 C**
2. NC-Wälzfräsmaschine  
Werkstück-Nenndurchmesser 150 mm,
3. Pfauter GmbH Ludwigsburg
4.  $B_M$  } diese Maßangaben sind aus dem Aufstellplan zu entnehmen  
 $T_M$  }  
 $H_M$  } 2610 mm
5. 48 kVA
6. 7.500 kg



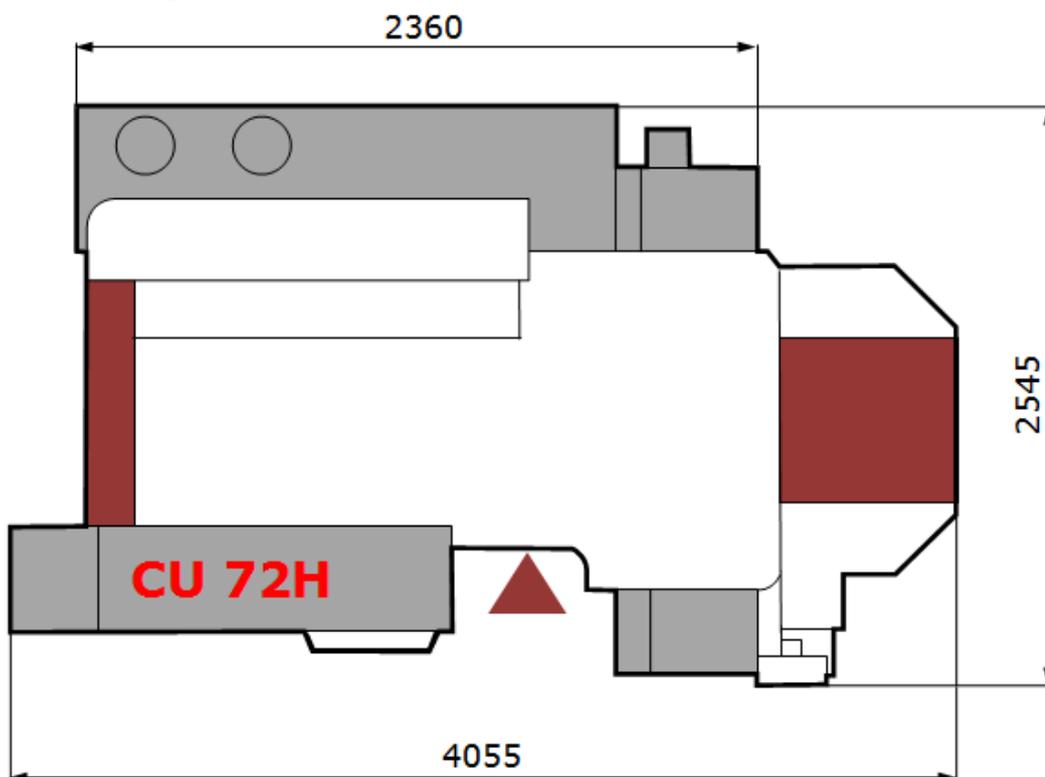


1. **DMU 50 V**
2. Universal-Fräs- und Bohrmaschine
3. DECKEL MAHO GmbH Pfronten
4.  $B_M$  } diese Maßangaben sind aus dem Aufstellplan zu entnehmen  
 $T_M$  }  
 $H_M$  } 2650 mm
5. ca. 20 kVA (5-Achs-Maschine)
6. 3.500 kg



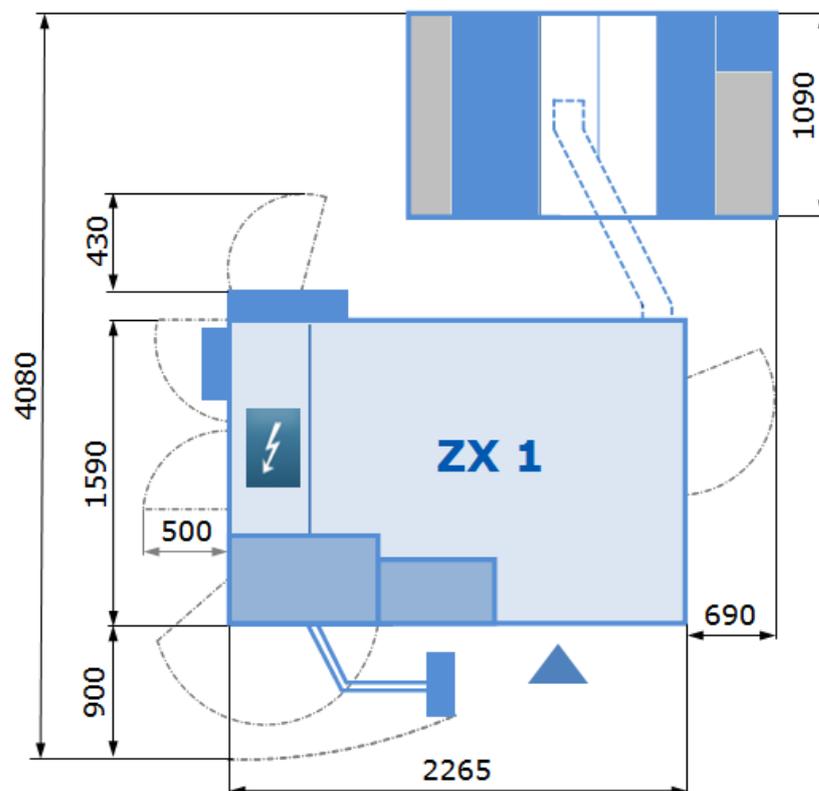


1. **CU72H**
2. Horizontal-Bearbeitungszentrum  
Palettensystem, Werkzeugwechsler mit 60 Plätzen, Spindeldrehzahlen  $6100 \text{ min}^{-1}$
3. Huron Graffenstaden
4. 2 Paletten-Wechsler  
 $B_M$  } diese Maßangaben sind aus dem Aufstellplan zu entnehmen  
 $T_M$  }  
 $H_M$  2430 mm
5. 13 kW (Spindelantriebsleistung)
6. 6.000 kg



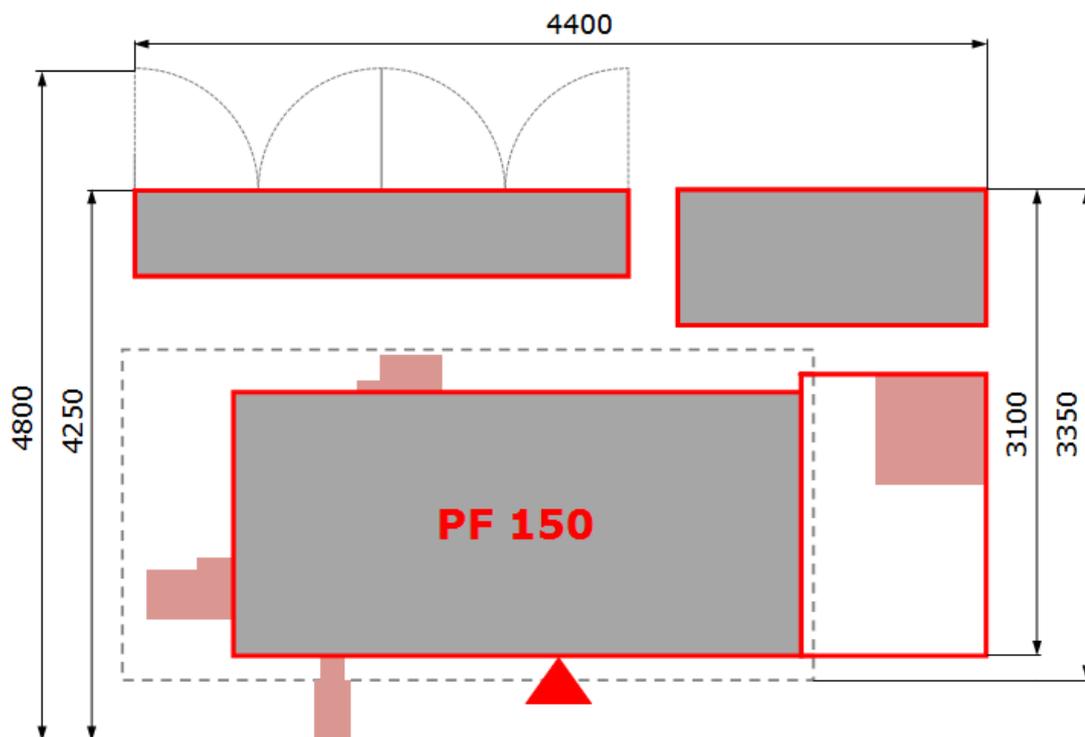


1. **ZX 1**
2. 2-Achsen-CNC-Rundschleifmaschine mit Innenschleifeinrichtung  
außen : Schleifdurchmesser 300 mm, Schleiflänge 600 mm  
innen : Schleifdurchmesser 160 mm, Schleiflänge < 130 mm  
Schleifdurchmesser 80 mm, Schleiflänge > 130 mm
3. SCHAUDT GmbH Stuttgart
4.  $B_M$  } diese Maßangaben sind aus dem Aufstellplan zu entnehmen  
 $T_M$  }  
 $H_M$  } 2020 mm
5. 25 kVA
6. 4.850 kg





1. **PF 150**
2. CNC-Wälzschälmaschine
3. PFAUTER GmbH & Co Ludwigsburg
4.  $B_M$  diese Maßangaben sind dem Aufstellplan zu entnehmen  
 $T_M$   
 $H_M$  2060 mm
5. ca. 48 kVA
6. 7.000 kg



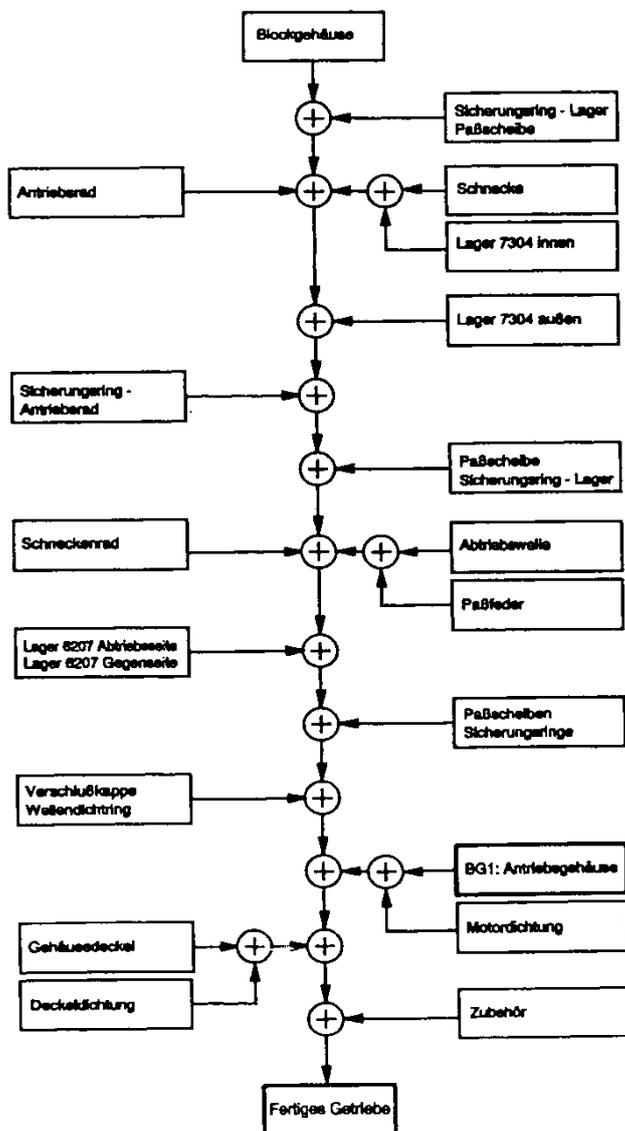
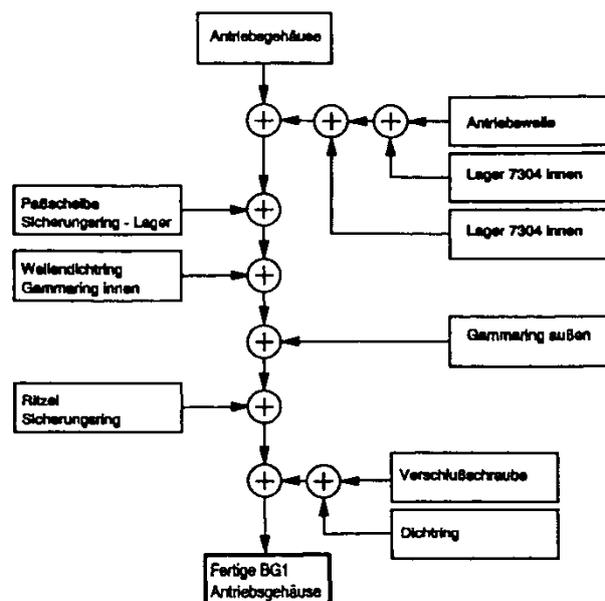
2.3 Ablaufschema Teilefertigung (Kastl-Schema) Schneckengetriebe MT 110.00.00.000

<b>Eigenfertigungsteil</b>	Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	Teil 5	Teil 6	Teil 7	Teil 8
<b>Betriebsmittel</b>								
(Strahlen)	10	10	10		10		10	
(Korrosionsschutz)	20	20	20		20		20	
ABS 280			↓	10	↓	10	↓	10
TNC 65			30	20	30	20	30	20
RISZ 10x1000x320			↓		40	↓	40	
PE 150 C	↓	↓	↓		50	30	50	
DMU 50 V	30	30	40		↓	↓	↓	
CU 72 H	40	40	↓		↓	↓	↓	
Entgratplatz	50	50			60	40	60	
(Einsatzhärten)	↓	↓	↓	↓	70	50	70	↓
ZX 1				30	80	60	80	30
PF 150				↓	90	↓	90	↓
(Wälzschleifen)	↓	↓	↓	↓	↓	70	↓	↓
Prüfen	60	60	50	40	100	80	100	40

10, 20, 30...Arbeitsvorgangsnummern gemäß Arbeitsplänen

## 2.4 Ablaufschema Montage

⇒ Gliederung der Montage

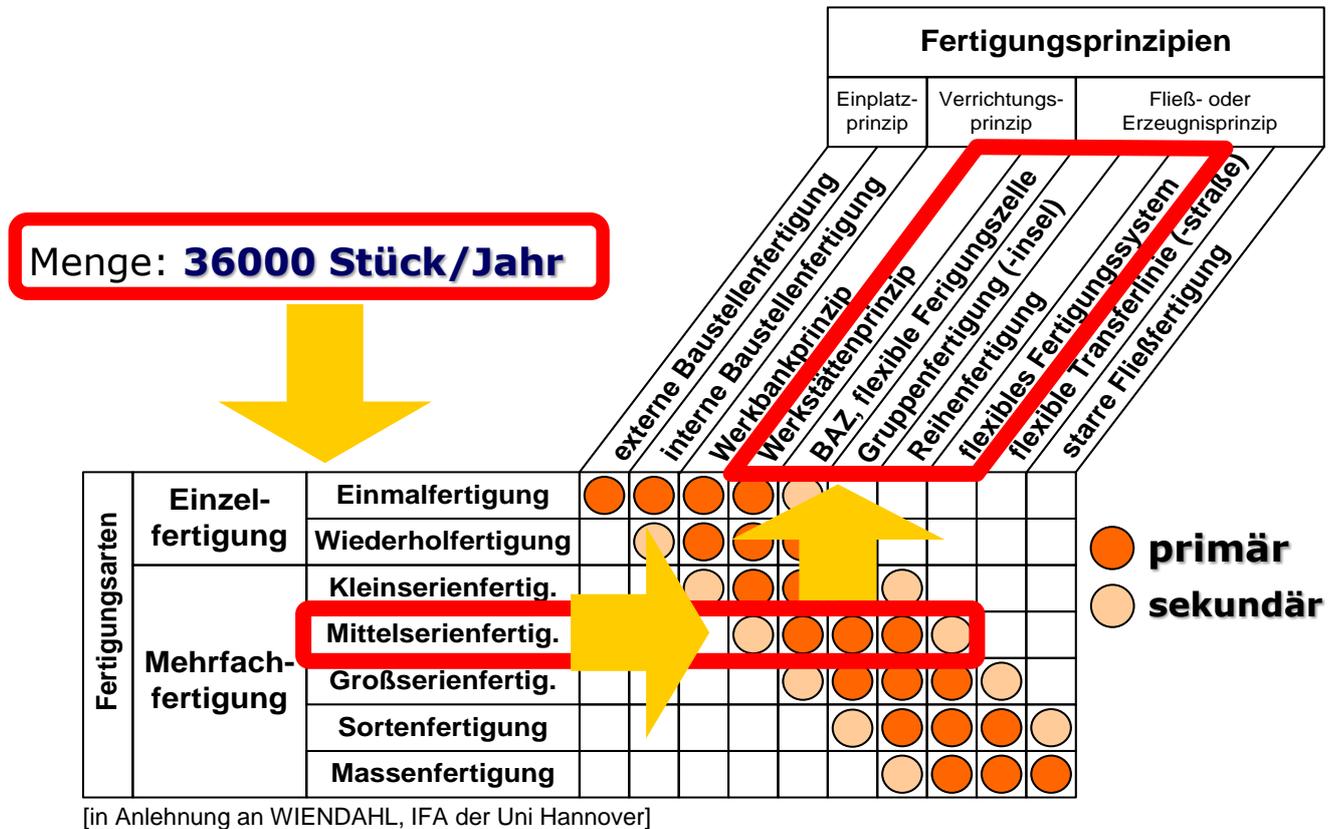


⇒ Montage des Antriebsgehäuses (links) und des Gesamtsystems (rechts) / Verlaufsübersicht

Folge	Benennung der zu montierenden Teile	Baugruppe /Position	Folge	Benennung des zu montierenden Teils	Baugruppe /Position
1	Lager 6204 Z auf Antriebswelle	01/03 01/02	1	Lager 7304 B auf Schnecke	00/05 00/04
2	Lager 6204 Z	01/03	2	Passfeder	00/10
3	Einbau Antriebsgehäuse	01/01	3	Sicherungsring in Fußgehäuse	00/07 00/01
4	Passscheibe und Sicherungsring	01/04 01/05	4	Passscheibe	00/08
5	Wellendichtring	01/06	5	vormontierte Schnecke Antriebsrad und Lager 7304 B	00/11 00/05
6	Gamma-Ring (OM)	01/07	6	Sicherungsring	00/12
7	Gamma-Ring (N)	01/12	7	Passscheibe	00/06
8	Antriebsritzel und Passfeder	01/08 01/09	8	Passscheiben und Sicherungsring	00/08 00/07
9	Sicherungsring Antriebsritzel	01/10	9	Abschlusskappe	00/09
10	Verschlusschraube mit Dichtring	01/14 01/13	10	Abtriebswelle, Passfeder und Schneckenrad in Gehäuse	00/14 00/13 00/15
			11	Lager 6207 Z	00/16
			12	Lager 6207 Z	00/16
			13	Passscheiben und Sicherungsringe	00/17 00/18
			14	Verschlusskappe	00/20
			15	Wellendichtring	00/19
			16	Baugruppe Antriebsgehäuse und Dichtung mit Sechskantschrauben und Federringen	00/03 00/27 00/29 00/28
			17	Gehäusedeckel und Dichtung mit Zylinderschrauben	00/02 00/21 00/22
			18	Entlüftungsschraube und Dichtring	00/25 00/24
			19	Verschlusschraube mit Dichtring	00/23 00/24

## 2.5. Ermittlung des Fertigungsprinzips

a) Grobauswahl (in Abhängigkeit von der Fertigungsart)



b) Feinauswahl durch Strukturierung (z. B. Teilefamilienbildung)

# Teilefamilie

Gruppe von Werkstücken (oder Baugruppen), die konstruktiv gleich oder ähnlich sind. Daraus folgt kausal eine technologische Analogie, d. h. gleiche oder ähnliche Arbeitsvorgangsfolgen und Betriebsmittel.

konstruktiv ähnlich

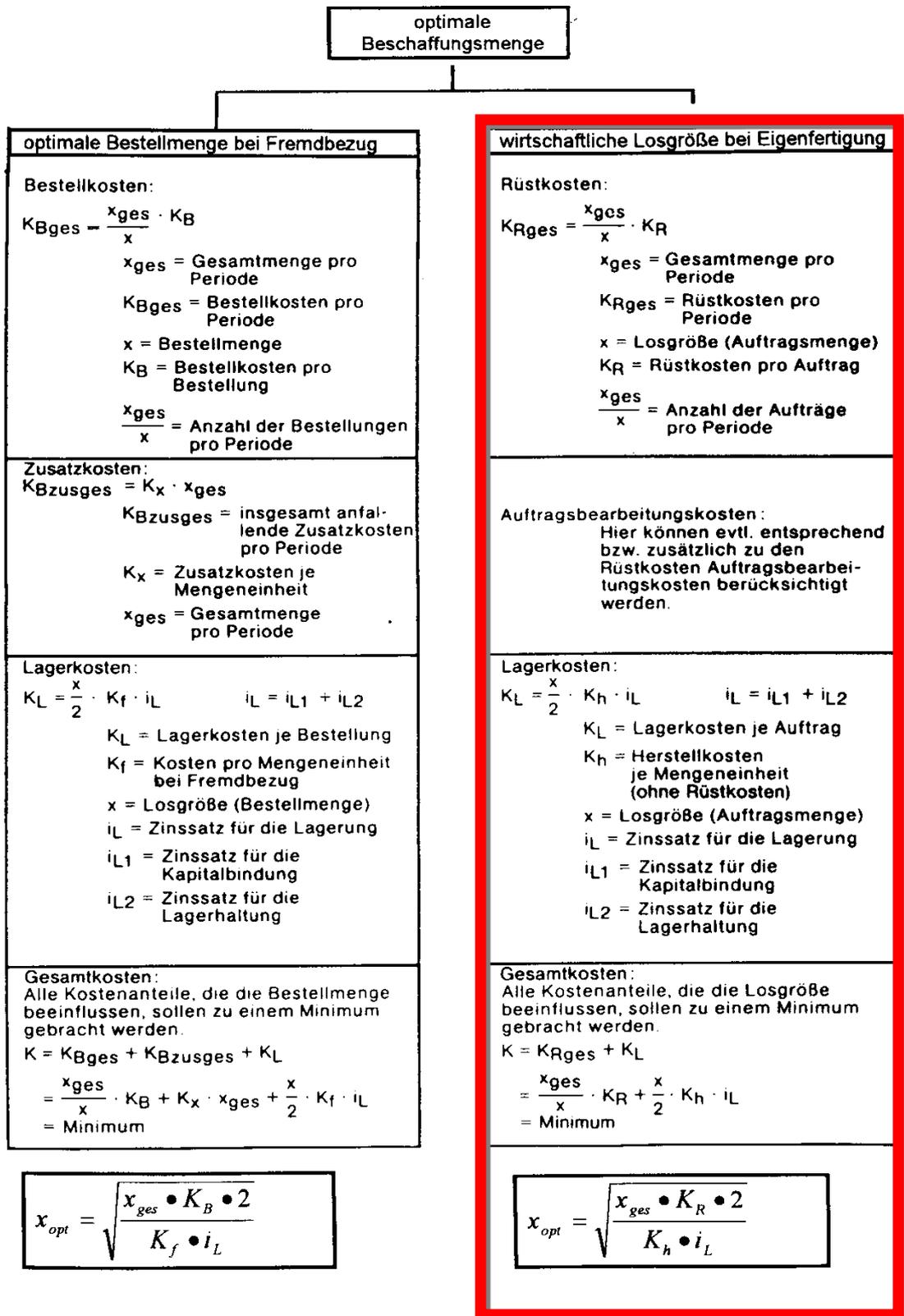
**TF1 - Gehäuseteile**  
 (1) Fußgehäuse  
 (2) Gehäusedeckel  
 (3) Antriebsgehäuse

**TF2 - Wellen**  
 (4) Antriebswelle  
 (8) Abtriebswelle  
 (6) Schnecken**welle**

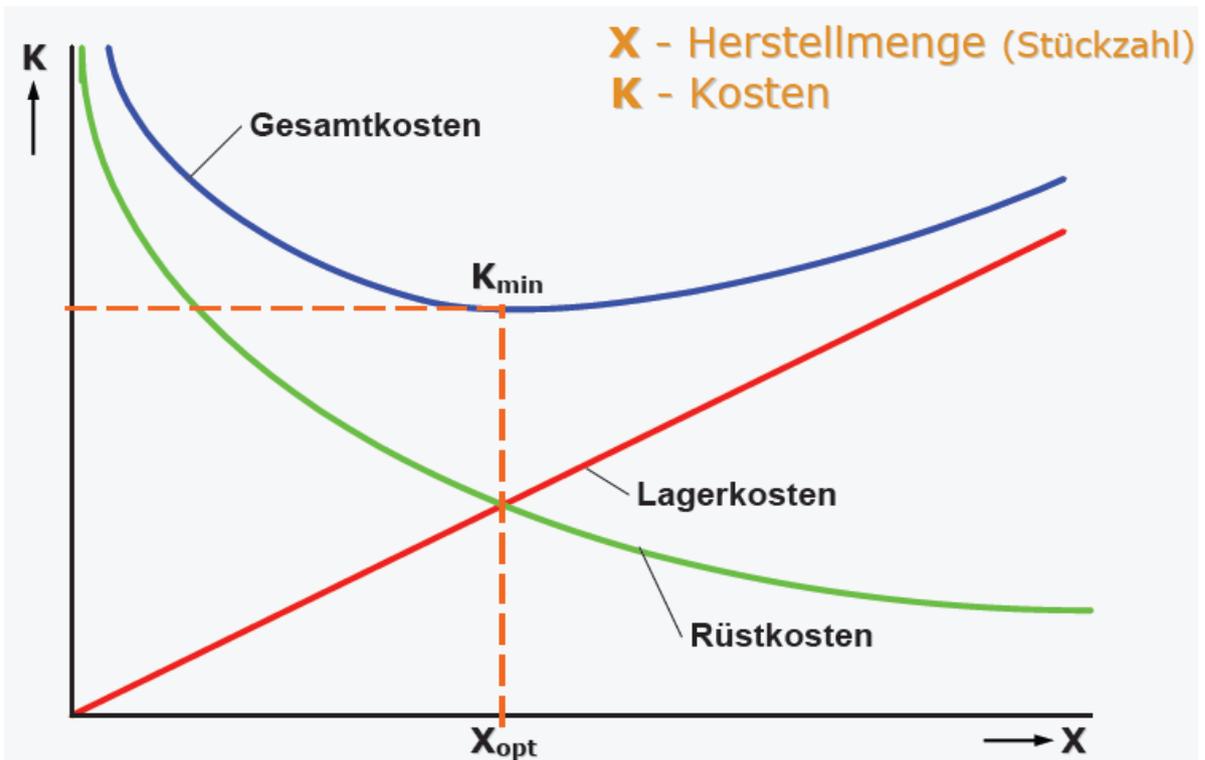
**TF3 - Zahnräder**  
 (5) Ritzel  
 (7) Antriebsrad  
 (6) **Schnecken**welle

<b>Eigenfertigungsteil</b>	Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	Teil 8	Teil 6	Teil 5	Teil 7
<b>Betriebsmittel</b>								
(Strahlen)	10	10	10				10	10
(Korrosionsschutz)	20	20	20				20	20
ABS 280				10	10	10		
TNC 65			30	20	20	20	30	30
RISZ 10x1000x320							40	40
PE 150 C						30	50	50
DMU 50 V	30	30	40					
CU 72 H	40	40						
Entgratplatz	50	50				40	60	60
(Einsatzhärten)						50	70	70
ZX 1				30	30	60	80	80
PF 150							90	90
(Wälzschleifen)						70		
Prüfen	60	60	50	40	40	80	100	100

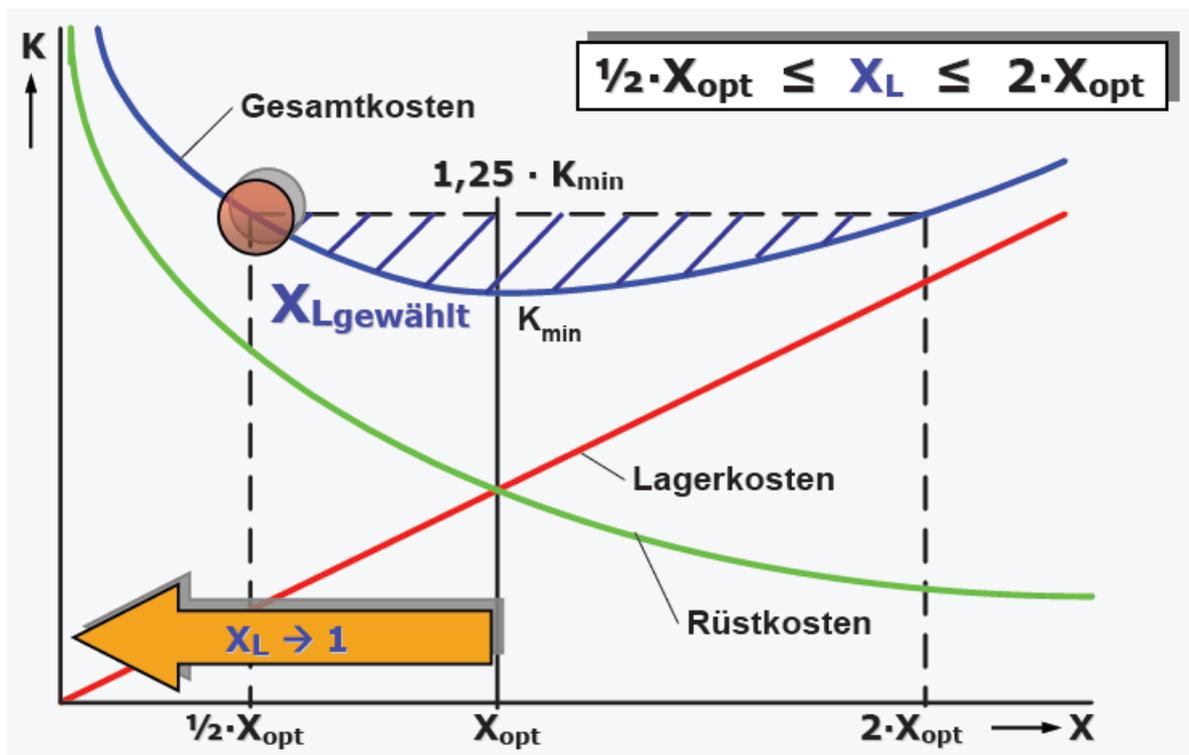
2.6. Losgrößenbestimmung



Ableitung der Andlerschen Formel zur Bestimmung der optimalen Beschaffungsmenge (REFA)



wirtschaftliche Losgröße  $X_{opt}$



Abstimmung von  $X_{opt}$  zur Fertigungslosgröße  $X_L$

⇒ **Stundenkostensätze**

<b>Ifd. Nr.</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>f<sub>KR</sub> -Rüsten [€/h]</b>	<b>f<sub>KF</sub> -Fertigen [€/h]</b>
1	ABS 280	18,90	15,90
2	TNC 65	54,20	50,00
3	RISZ 10x1000x320	29,70	26,60
4	PE 150 C	57,30	52,10
5	DMU 50 V	38,30	34,30
6	CU 72 H	48,60	44,00
7	Entgratplatz	18,40	15,30
8	ZX 1	35,30	31,20
9	PF 150	78,20	70,60

⇒ Bestimmung der Rüst- und Fertigungskosten

lfd. Nr.	Zeichnungs-Nr.	Benennung	$t_r$ [min/Los]	$f_{KR}$ [€/h]	$K_R$ [€/Los]	$t_e$ [min/Stck]	$f_{KF}$ [€/h]	$K_F$ [€/Stck]
1	MT 110.10.00.001	Schnecken-Fußgehäuse	16	38,30	10,21	6,0	34,30	3,43
			28	48,60	22,68	32,0	44,00	23,47
			8	18,40	2,45	2,0	15,30	0,51
			<b>Summe</b>		<b>35,35</b>			<b>27,41</b>
2	MT 110.10.00.002	Gehäusedeckel	12	38,30	7,66	2,0	34,30	1,14
			30	48,60	24,30	2,0	44,00	1,47
			8	18,40	2,45	1,0	15,30	0,26
			<b>Summe</b>		<b>34,41</b>			<b>2,87</b>
3	MT 110.10.01.001	Antriebsgehäuse	22	54,20	19,87	10,0	50,00	8,33
			20	38,30	12,77	4,0	34,30	2,29
			<b>Summe</b>		<b>32,64</b>			<b>10,62</b>
4	MT 110.10.01.002	Antriebswelle	15	18,90	4,73	0,5	15,90	0,13
			25	54,20	22,58	5,0	50,00	4,17
			15	35,30	8,83	4,0	31,20	2,08
			<b>Summe</b>		<b>36,13</b>			<b>6,38</b>
5	MT 110.10.01.003	Antriebsritzel	18	54,20	16,26	4,0	50,00	3,33
			17	29,70	8,42	1,0	26,60	0,44
			24	57,30	22,92	4,0	52,10	3,47
			5	18,40	1,53	1,0	15,30	0,26
			15	35,30	8,83	2,0	31,20	1,04
			18	78,20	23,46	3,5	70,60	4,12
			<b>Summe</b>		<b>81,41</b>			<b>12,66</b>
6	MT 110.10.00.003	Schnecke	15	18,90	4,73	1,0	15,90	0,27
			25	54,20	22,58	5,0	50,00	4,17
			24	57,30	22,92	2,0	52,10	1,74
			5	18,40	1,53	1,0	15,30	0,26
			17	35,30	10,00	2,0	31,20	1,04
			<b>Summe</b>		<b>61,76</b>			<b>7,46</b>
7	MT 110.10.00.004	Antriebsrad	25	54,20	22,58	5,0	50,00	4,17
			20	29,70	9,90	1,5	26,20	0,67
			24	57,30	22,92	4,0	52,10	3,47
			5	18,40	1,53	1,0	15,30	0,26
			15	35,30	8,83	1,5	31,20	0,78
			30	78,20	39,10	5,0	70,60	5,88
			<b>Summe</b>		<b>104,86</b>			<b>15,22</b>
8	MT 110.10.00.005	Abtriebswelle	8	18,90	2,52	1,0	15,90	0,27
			25	54,20	22,58	7,5	50,00	6,25
			24	35,30	14,12	2,5	31,20	1,30
			<b>Summe</b>		<b>39,22</b>			<b>7,82</b>

⇒ Bestimmung der Fertigungslosgröße  $X_L$  und Losanzahl  $Z_L$

lfd. Nr.	Zeichnungs-Nr.	Benennung	$K_R$ [€/Los]	$m_R$ [kg/Stck]	Mat.Preis [€/kg]	$K_M$ [€/Stck]	$K_F$ [€/Stck]	$H_K$ [€/Stck]	$X_{\text{erf}}$ [Stck/a]	$i_L$ [%]	$X_{\text{opt}}$ [Stck/Los]	$X_L$ [Stck/Los]	$Z_L$ [Los/a]
1	MT 110.10.00.001	Schnecken-Fußgehäuse	35,35			10,94	27,41	38,35	36.000	8	911	450	80
2	MT 110.10.00.002	Gehäusedeckel	34,41			3,50	2,87	6,37	36.000	8	2.205	1.200	30
3	MT 110.10.01.001	Antriebsgehäuse	32,64			5,93	10,62	16,55	36.000	8	1.332	750	48
4	MT 110.10.01.002	Antriebswelle	36,13	0,9	1,15	1,04	6,38	7,42	36.000	8	2.093	1.200	30
5	MT 110.10.01.003	Antriebsritzel	81,41	0,1	1,00	0,10	12,66	12,76	36.000	8	2.396	1.200	30
6	MT 110.10.00.003	Schnecke	61,76	1,2	1,00	1,20	7,46	8,66	36.000	8	2.533	1.200	30
7	MT 110.10.00.004	Antriebsrad	104,86			4,47	15,22	19,69	36.000	8	2.189	1.200	30
8	MT 110.10.00.005	Abtriebswelle	39,22	3	0,80	2,40	7,82	10,22	36.000	8	1.858	900	40

$X_{\text{opt}}$  – wirtschaftliche Losgröße;  $X_L$  – technisch und organisatorisch abgestimmte Fertigungslosgröße;  $Z_L$  – Zahl der Lose/Jahr ( $=X_{\text{erf}}/X_L$ )

**Eingestellt wird die Fertigungslosgröße  $X_L$  bei  $\frac{1}{2} \cdot X_{\text{opt}}$ , damit mehr Durchflusselastizität und kürzere Durchlaufzeiten erreicht werden.**

Auf eine weitergehende Absenkung der Fertigungslosgröße gegenüber der wirtschaftlichen Losgröße (bis zum Grenzwert  $X_L=1$ ) wird aus Kostengründen verzichtet. Ein Zeitnachteil wird ohnehin nicht erwartet. Begründung: Das Produktionsprogramm soll über mehrere Jahre mit konstanter Stückzahl gefertigt werden. Die Schwankung des Bedarfs ist demnach gering und schwankungsbedingt verlängerte Durchlaufzeiten (Ablaufdilemma) sind unerheblich.

Verifizierung:

Eine **Simulationsstudie** (ProModel) ergab, dass Schwankungen der Ausbringungsmenge und Durchlaufzeitunterschiede - bedingt durch die Stochastik der Prozesse sowie durch das Dilemma der Ablaufplanung – gering sind und nach Optimierung der Pufferanzahl zwischen den Bearbeitungsstationen zu 100 % im Zielkorridor (entspricht zulässigem Toleranzbereich) lagen. Der Pufferbedarf betrug 1 (maximal jedoch 2) Puffer je Los und Betriebsmittel. Für diese wenigen zusätzlichen Behälterstellnotwendigkeiten reichen die regulären Bereitstellungsbereiche vor den BM aus. Auf weitere zentrale Zwischelager konnte somit verzichtet werden.

## 3 Dimensionierung

[3.1 Berechnung der Betriebsmittelanzahl](#)

[3.2 Berechnung der Arbeitnehmerzahl](#)

[3.3 Flächenberechnung](#)

[3.4 Fördermittel- und Förderhilfsmittelplanung](#)

### 3 Dimensionierung

#### 3.1 Berechnung der Betriebsmittelanzahl

lfd. Nr.	Betriebsmittel	Teil-Nr.	Z <sub>L</sub> [Lose/a]	t <sub>r</sub> [min/Los]	X <sub>L</sub> [Stck/Los]	t <sub>e</sub> [min/Stck]	T <sub>Be</sub> [h/a]	A [d/a]	h [min/S]	N <sub>G</sub>	S [S/d]	T <sub>Bv</sub> [h/a]	BM <sub>r</sub> [Stck]	BM [Stck]	Ausl. [%]
	...														
5	DMU 50 V	1	80	16	450	6	3621,3	248	480	0,90	1	1786	2,028		
		2	30	12	1200	2	1206,0	248	480	0,90	1	1786	0,675		
		3	48	20	750	4	2416,0	248	480	0,90	1	1786	1,353		
		<b>Σ</b>					<b>7243,3</b>					<b>1786</b>	<b>4,06</b>	<b>4</b>	<b>101%</b>
(5)	DMU 50 V	1	80	16	450	6	3621,3	248	480	0,90	2	3571	1,014		
		2	30	12	1200	2	1206,0	248	480	0,90	2	3571	0,338		
		3	48	20	750	4	2416,0	248	480	0,90	2	3571	0,677		
		<b>Σ</b>					<b>7243,3</b>					<b>3571</b>	<b>2,03</b>	<b>2</b>	<b>101%</b>
(5)	DMU 50 V	1	80	16	450	6	3621,3	248	480	0,90	3	5357	0,676		
		2	30	12	1200	2	1206,0	248	480	0,90	3	5357	0,225		
		3	48	20	750	4	2416,0	248	480	0,90	3	5357	0,451		
		<b>Σ</b>					<b>7243,3</b>					<b>5357</b>	<b>1,35</b>	<b>2</b>	<b>68%</b>
	...														

T<sub>Be</sub> – erforderliche Belegungszeit; A – Anzahl der Arbeitstage/Jahr; h – Schichtzeit; N<sub>G</sub> – Nutzungsgrad (<1,0); S – Schichtanzahl (1,2,3)  
 T<sub>Bv</sub> – verplanbare Belegungszeit; BM<sub>r</sub> – rechnerische Betriebsmittelanzahl; BM – gerundete Betriebsmittelanzahl (ganzzahlig)  
 (Belegung und Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen siehe **VDI-Richtlinie 3423**)

**Berechnung der Betriebsmittelanzahl (Zusammenfassung)**

lfd. Nr.	Betriebsmittel	Teil-Nr.	Z <sub>L</sub> [Lose/a]	t <sub>r</sub> [min/Los]	X <sub>L</sub> [Stck/Los]	t <sub>e</sub> [min/Stck]	T <sub>Be</sub> [h/a]	A [d/a]	h [min/S]	N <sub>G</sub>	S [S/d]	T <sub>Bv</sub> [h/a]	BM <sub>r</sub> [Stck]	BM [Stck]	Ausl. [%]
1	ABS 280	4	30	15	1200	0,5	307,5	248	480	0,82	1	1627	0,19		
		6	30	15	1200	1	607,5	248	480	0,82	1	1627	0,37		
		8	40	8	900	1	605,3	248	480	0,82	1	1627	0,37		
		<b>Σ</b>						<b>1520</b>					<b>1627</b>	<b>0,93</b>	<b>1</b>
2	TNC 65	3	48	22	750	10	6017,6	248	480	0,92	3	5476	1,10		
		4	30	25	1200	5	3012,5	248	480	0,92	3	5476	0,55		
		5	30	18	1200	4	2409,0	248	480	0,92	3	5476	0,44		
		6	30	25	1200	5	3012,5	248	480	0,92	3	5476	0,55		
		7	30	25	1200	5	3012,5	248	480	0,92	3	5476	0,55		
		8	40	25	900	7,5	4516,7	248	480	0,92	3	5476	0,82		
	<b>Σ</b>						<b>21981</b>					<b>5476</b>	<b>4,01</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>
3	RISZ 10x1000x320	5	30	17	1200	1	608,5	248	480	0,86	1	1706	0,36		
		7	30	20	1200	1,5	910,0	248	480	0,86	1	1706	0,53		
		<b>Σ</b>						<b>1519</b>					<b>1706</b>	<b>0,89</b>	<b>1</b>
4	PE 150 C	5	30	24	1200	4	2412,0	248	480	0,89	2	3532	0,68		
		6	30	24	1200	2	1212,0	248	480	0,89	2	3532	0,34		
		7	30	24	1200	4	2412,0	248	480	0,89	2	3532	0,68		
		<b>Σ</b>						<b>6036</b>					<b>3532</b>	<b>1,71</b>	<b>2</b>
5	DMU 50 V	1	80	16	450	6	3621,3	248	480	0,90	2	3571	1,01		
		2	30	12	1200	2	1206,0	248	480	0,90	2	3571	0,34		
		3	48	20	750	4	2416,0	248	480	0,90	2	3571	0,68		
		<b>Σ</b>						<b>7243</b>					<b>3571</b>	<b>2,03</b>	<b>2</b>
6	CU 72 H	1	80	28	450	32	19237,3	248	480	0,88	3	5238	3,67		
		2	30	30	1200	2	1215,0	248	480	0,88	3	5238	0,23		
		<b>Σ</b>						<b>20452</b>					<b>5238</b>	<b>3,90</b>	<b>4</b>
7	Entgratplatz	1	80	8	450	2	1210,7	248	480	1,0	2	3968	0,31		
		2	30	8	1200	1	604,0	248	480	1,0	2	3968	0,15		
		5	30	5	1200	1	602,5	248	480	1,0	2	3968	0,15		
		6	30	5	1200	1	602,5	248	480	1,0	2	3968	0,15		
		7	30	5	1200	1	602,5	248	480	1,0	2	3968	0,15		
		<b>Σ</b>						<b>3622</b>					<b>3968</b>	<b>0,91</b>	<b>1</b>
8	ZX 1	4	30	15	1200	4	2407,5	248	480	0,92	2	3651	0,66		
		5	30	15	1200	2	1207,5	248	480	0,92	2	3651	0,33		
		6	30	17	1200	2	1208,5	248	480	0,92	2	3651	0,33		
		7	30	15	1200	1,5	907,5	248	480	0,92	2	3651	0,25		
		8	40	24	900	2,5	1516,0	248	480	0,92	2	3651	0,42		
		<b>Σ</b>						<b>7247</b>					<b>3651</b>	<b>1,99</b>	<b>2</b>
9	PF 150	5	30	18	1200	3,5	2109,0	248	480	0,9	3	5357	0,39		
		7	30	30	1200	5	3015,0	248	480	0,9	3	5357	0,56		
		<b>Σ</b>						<b>5124</b>					<b>5357</b>	<b>0,96</b>	<b>1</b>
	<b>Gesamtsumme</b>												<b>17,3</b>	<b>18</b>	<b>96%</b>

### 3.2 Berechnung der Arbeitnehmerzahl (hier nur Maschinenbediener)

lfd. Nr.	Betriebsmittel	Teil-Nr.	Z <sub>L</sub> [Lose/a]	t <sub>r</sub> [min/Los]	X <sub>L</sub> [Stck/Los]	t <sub>e</sub> [min/Stck]	T <sub>BANe</sub> [h/a]	A	h	T <sub>G</sub>	Z <sub>G</sub>	T <sub>BANv</sub> [h/a]	AN <sub>r</sub>	BF	AN
1	ABS 280	4	30	15	1200	0,5	307,5	225	450	0,9	1,1	1671	0,184		
		6	30	15	1200	1	607,5	225	450	0,9	1,1	1671	0,364		
		8	40	8	900	1	605,3	225	450	0,9	1,1	1671	0,362		
		<b>Σ</b>					<b>1520</b>					<b>1671</b>	<b>0,9</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
2	TNC 65	3	48	22	750	10	6017,6	225	450	0,9	1,1	1671	3,602		
		4	30	25	1200	5	3012,5	225	450	0,9	1,1	1671	1,803		
		5	30	18	1200	4	2409,0	225	450	0,9	1,1	1671	1,442		
		6	30	25	1200	5	3012,5	225	450	0,9	1,1	1671	1,803		
		7	30	25	1200	5	3012,5	225	450	0,9	1,1	1671	1,803		
		8	40	25	900	7,5	4516,7	225	450	0,9	1,1	1671	2,704		
		<b>Σ</b>					<b>21981</b>					<b>1671</b>	<b>13,2</b>	<b>0,3</b>	<b>4,0</b>
3	RISZ 10x1000x320	5	30	17	1200	1	608,5	225	450	0,9	1,1	1671	0,364		
		7	30	20	1200	1,5	910,0	225	450	0,9	1,1	1671	0,545		
		<b>Σ</b>						<b>1519</b>					<b>1671</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>
4	PE 150 C	5	30	24	1200	4	2412,0	225	450	0,9	1,1	1671	1,444		
		6	30	24	1200	2	1212,0	225	450	0,9	1,1	1671	0,725		
		7	30	24	1200	4	2412,0	225	450	0,9	1,1	1671	1,444		
		<b>Σ</b>						<b>6036</b>					<b>1671</b>	<b>3,6</b>	<b>0,5</b>
5	DMU 50 V	1	80	16	450	6	3621,3	225	450	0,9	1,1	1671	2,168		
		2	30	12	1200	2	1206,0	225	450	0,9	1,1	1671	0,722		
		3	48	20	750	4	2416,0	225	450	0,9	1,1	1671	1,446		
		<b>Σ</b>						<b>7243</b>					<b>1671</b>	<b>4,4</b>	<b>0,5</b>
6	CU 72 H	1	80	28	450	32	19237,3	225	450	0,9	1,1	1671	11,515		
		2	30	30	1200	2	1215,0	225	450	0,9	1,1	1671	0,727		
		<b>Σ</b>						<b>20452</b>					<b>1671</b>	<b>12,2</b>	<b>0,3</b>
7	Entgratplatz	1	80	8	450	2	1210,7	225	450	0,9	1,1	1671	0,725		
		2	30	8	1200	1	604,0	225	450	0,9	1,1	1671	0,362		
		5	30	5	1200	1	602,5	225	450	0,9	1,1	1671	0,361		
		6	30	5	1200	1	602,5	225	450	0,9	1,1	1671	0,361		
		7	30	5	1200	1	602,5	225	450	0,9	1,1	1671	0,361		
		<b>Σ</b>						<b>3622</b>					<b>1671</b>	<b>2,2</b>	<b>1</b>
8	ZX 1	4	30	15	1200	4	2407,5	225	450	0,9	1,1	1671	1,441		
		5	30	15	1200	2	1207,5	225	450	0,9	1,1	1671	0,723		
		6	30	17	1200	2	1208,5	225	450	0,9	1,1	1671	0,723		
		7	30	15	1200	1,5	907,5	225	450	0,9	1,1	1671	0,543		
		8	40	24	900	2,5	1516,0	225	450	0,9	1,1	1671	0,907		
		<b>Σ</b>						<b>7247</b>					<b>1671</b>	<b>4,3</b>	<b>0,6</b>
9	PF 150	5	30	18	1200	3,5	2109,0	225	450	0,9	1,1	1671	1,262		
		7	30	30	1200	5	3015,0	225	450	0,9	1,1	1671	1,805		
		<b>Σ</b>						<b>5124</b>					<b>1671</b>	<b>3,1</b>	<b>0,5</b>
	<b>Gesamtsumme</b>												<b>44,8</b>		<b>18,8</b>

T<sub>G</sub> – Tätigkeitsgrad (0,8...1,0); Z<sub>G</sub> – Zeitgrad (0,8...1,1); AN<sub>r</sub> – Arbeitnehmeranzahl (rechnerisch)

B<sub>F</sub> – Bedienfaktor (B<sub>F</sub> = t<sub>BAN</sub>/t<sub>B</sub>. Wenn B<sub>F</sub> < 1 → Mehrmaschinenbedienung prüfen!)

⇒ Schichtverteilung

Personalart	AN <sub>r</sub>	Kennzahl	AN <sub>Kz</sub>	AN	früh	spät	nachts
Teilefertigung	18,8			19	8	8	3
Montagepersonal	4,0			4	2	2	0
Summe (ZS1)	22,7			23	10	10	3
Logistikpersonal		0,10 von ZS1	2,3	2	1	1	
Prüfpersonal		0,15 von ZS1	3,5	4	2	2	
Werkzeughandling		0,08 von ZS1	1,8	2	1	1	
Summe (ZS2)							3
Lenkung/Leitung		0,05 von ZS2	1,6	2	1	1	
<b>Summe</b>	<b>22,7</b>		<b>9,1</b>	<b>33</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>3</b>

**Schichten mit max. AN-Anzahl**  
 Bemessungsgrundlage für Pausenraum, Toiletten ...

3.3 Flächenberechnung

**F<sub>MA</sub>** - Fläche des Maschinenarbeitsplatzes

**B<sub>MA</sub>** - Breite des Maschinenarbeitsplatzes

**T<sub>MA</sub>** - Tiefe des Maschinenarbeitsplatzes

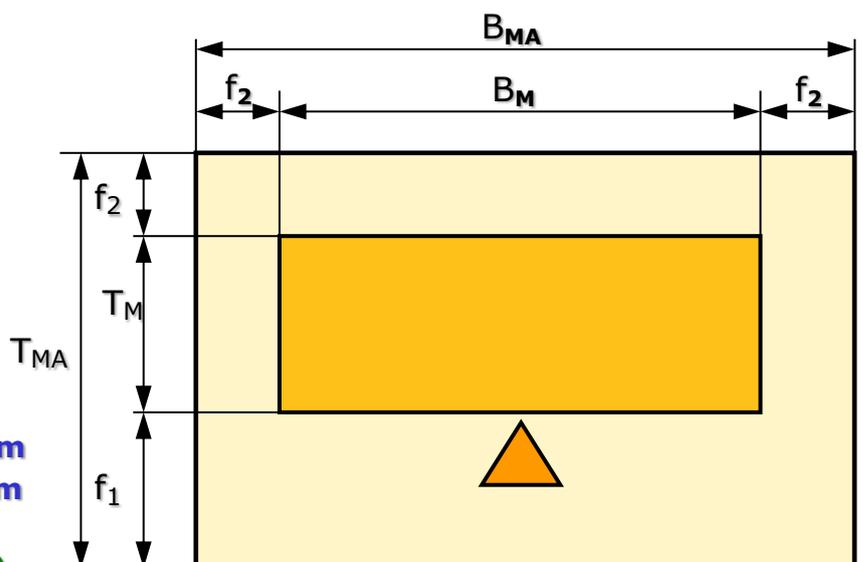
**B<sub>M</sub>** - Breite der Maschine

**T<sub>M</sub>** - Tiefe der Maschine

**f<sub>1</sub>** - Bedienabstand **1000 mm**

**f<sub>2</sub>** - Wartungsabstand **400 mm**

$$F_{MA} = (B_M + 2 \cdot f_2) \cdot (T_M + f_1 + f_2)$$



$$F_{MA} = (B_M + 0,8) \cdot (T_M + 1,4)$$

⇒ Flächenbedarf für die Produktion (Produktionsfläche)

lfd. Nr.	Betriebsmittel	Breite $B_M$ [m]	Tiefe $T_M$ [m]	$B_M + 0,8$ [m]	$T_M + 1,4$ [m]	$F_{MA}$ [m <sup>2</sup> ]	Anzahl BM	$F_{MA} \times BM$ [m <sup>2</sup> ]
1	ABS 280	2,6	5,6	3,4	7,0	23,8	1	23,8
2	TNC 65	3,8	2,0	4,6	3,4	15,6	4	62,4
3	RISZ 10x1000x320	3,2	3,6	4,0	5,0	20,0	1	20,0
4	PE 150 C	3,9	(2,3)	4,7	(3,1)	14,6	2	29,2
5	DMU 50 V	1,8	2,5	2,6	3,9	10,1	2	20,2
6	CU 72 H	3,7	2,3	4,5	3,7	16,7	4	66,8
7	Entgratplatz	1,5	0,8	2,3	2,2	4,9	1	4,9
8	ZX 1	3,0	3,2	3,8	4,6	17,5	2	35,0
9	PF 150	4,4	3,4	5,2	4,8	25,0	1	25,0
10	Kommissionierung			6,0	3,0	18,0	1	18,0
11	Montage			4,0	3,0	12,0	1	12,0

<b>Fertigungsfläche (<math>F_F</math>):</b>		<b>317</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Zwischenlagerfläche:</b>	(40 % von $F_F$ )	<b>127</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Transportfläche:</b>	(40 % von $F_F$ )	<b>127</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Zusatzflächen:</b>	(20 % von $F_F$ )	<b>63</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Produktionsfläche (<math>F_P</math>)</b>		<b>634</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

⇒ Bruttogrundfläche (Gebäude)

<b>Produktionsfläche <math>F_P</math> (Übertrag)</b>	<b>634</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
--	------------	----------------------

Qualitätssicherung (10 m <sup>2</sup> konstant + 5 m <sup>2</sup> je AN <sub>QS</sub> )	20	m <sup>2</sup>
Werkzeughandling (4 % von $F_P$ )	25	m <sup>2</sup>
<b>Bereichsnutzfläche <math>F_{BN}</math></b>	<b>679</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

Toiletten (ASR A4.1)	15	m <sup>2</sup>
Pausenraum (ASR A4.2)	15	m <sup>2</sup>
Elektro/Wasser/Heizung (1,8 m <sup>2</sup> je BM)	32	m <sup>2</sup>
<b>Bereichszusatzfläche <math>F_{BZ}</math></b>	<b>62</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

<b>Nettogrundfläche NGF</b>	<b>741</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
-----------------------------	------------	----------------------

Konstruktionsgrundfläche <b>KGF</b> (5% von BGF)	39	m <sup>2</sup>
<b>Bruttogrundfläche BGF</b>	<b>780</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

### Soll-Ist-Vergleich (Fazit):

**Das gegebene Gebäude ist mit 864 m<sup>2</sup> (24 m x 36 m) größer als der rechnerisch benötigte Bruttogrundflächenbedarf(Sollbedarf) mit 780 m<sup>2</sup>!**

### Erläuterungen:

**AN<sub>QS</sub>** – Arbeitnehmer Qualitätssicherung (gemäß der **Schicht** mit der **maximalen AN-Anzahl**).

**ASR** – Technische Regeln für Arbeitsstätten (**Arbeitsstätten-Richtlinien**),

**ASR A4.1 Sanitärräume** (September 2013),

**ASR A4.2 Pausen- und Bereitschaftsräume** (August 2012).

*Beachte hierzu: Neufassung der Arbeitsstättenverordnung ArbStättV (vom 25.08.2004)*

**Flächengliederung** (Analyse) unter Anwendung von **DIN 277**,

**Flächenberechnung** (Synthese) siehe VDI-Richtlinie **VDI 3644**,

**Flächenkennzahlen** nach eigenen **Erhebungen des Verfassers**.

3.4 Fördermittel und Förderhilfsmittel  
 ⇒ aus Seite 2 DIN 15142 Blatt 1

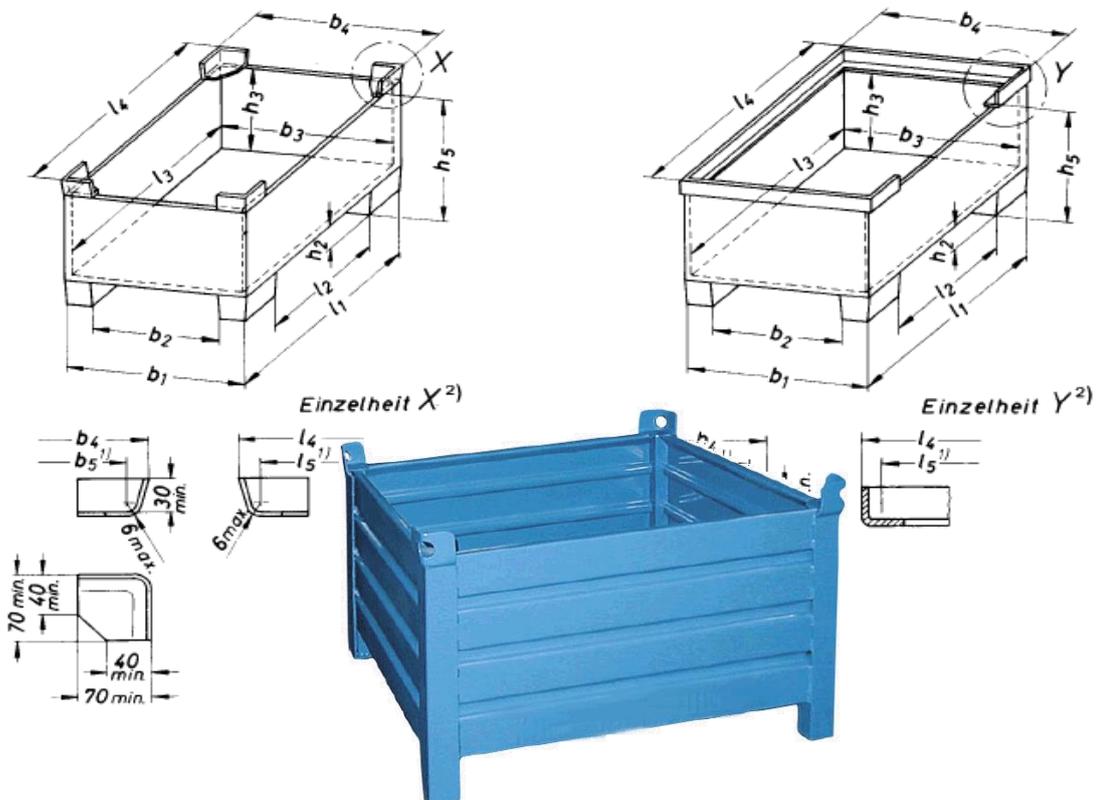
2. Formen

Die Boxpaletten und Rungenpaletten brauchen der bildlichen Darstellung nicht zu entsprechen; nur die angegebenen Maße sind einzuhalten.

Tragfähigkeit (höchstzulässige) der Paletten ist in der Bezeichnung anzugeben und an der Palette dauerhaft und sichtbar anzubringen, z. B. „Tragfähigkeit 1000 kg“. Dabei sollen möglichst die „Rahmenwerte“ 500 kg, 1000 kg und 2000 kg herangezogen werden.

Nicht angegebene Einzelheiten sind zweckentsprechend zu wählen.

- |               |  |               |  |
|---------------|--|---------------|--|
| 2.1. Form A 1 | Boxpaletten mit Fangecken mit geneigtem Schenkel wie bei Einzelheit X      | 2.2. Form B 1 | Boxpaletten mit Aufsetzrahmen mit geneigtem Schenkel wie bei Einzelheit X      |
| Form A 2      | Boxpaletten mit Fangecken mit rechtwinkligem Schenkel wie bei Einzelheit Y | Form B 2      | Boxpaletten mit Aufsetzrahmen mit rechtwinkligem Schenkel wie bei Einzelheit Y |



Bezeichnung einer Boxpalette Form A 1, der Nenngröße 800 x 1200, Stapelmaß  $h_5 = 650$  mm und Tragfähigkeit 1000 kg:

**Boxpalette A 1 – 800 x 1200 x 650 DIN 15142 – 1000 kg**

Nenngröße	Fußmaße		Einfahrmaße			Innenmaße		Außenmaße		Stapelmaße <sup>1)</sup>		Höhenmaße (für jede Nenngröße)	
	$b_1$	$l_1$	$b_2$	$l_2$	$h_2$	$b_3$	$l_3$	$b_4$	$l_4$	$b_5$	$l_5$	Innenmaße $h_3$ min.	Stapelmaße $h_5$
600 x 800	800	800	-	590	100	550	750	640	840	610	810	275	400
800 x 1000	800	1000	590	590	100	750	950	840	1040	810	1010	400	525
800 x 1200	800	1200	590	760	100	750	1150	840	1240	810	1210	525	650
1000 x 1200	1000	1200	790	760	100	950	1150	1040	1240	1010	1210	650	775
1200 x 1600	1200	1800	990	1160	100	1150	1550	1240	1640	1210	1610	775	900
1200 x 2000	1200	2000	990	1560	100	1150	1950	1240	2040	1210	2010	900	1025

<sup>1)</sup> Die Stapelmaße  $b_5$  und  $l_5$  entsprechen den jeweiligen Fußmaßen  $b_1$  und  $l_1$  plus einer Zugabe, durch die ein einwandfreies Stapeln ermöglicht wird.

<sup>2)</sup> Die Querschnitte der Einzelheiten X und Y können gegeneinander ausgetauscht werden

**Bestimmung der Anzahl der Behälter / Los**

<b>Teil 1</b> 230   140   166   450	9   Z <sub>TEL</sub> V 50,00 66   Z <sub>TEL</sub> G 6,82	24   Z <sub>TEL</sub> V 18,75 133   Z <sub>TEL</sub> G 3,38	75   Z <sub>TEL</sub> V 6,00 133   Z <sub>TEL</sub> G 3,38	90   Z <sub>TEL</sub> V 5,00 266   Z <sub>TEL</sub> G 1,69
<b>Teil 2</b> 190   130   12   1200	264   Z <sub>TEL</sub> V 4,55 277   Z <sub>TEL</sub> G 4,33	660   Z <sub>TEL</sub> V 1,82 555   Z <sub>TEL</sub> G 2,16	1290   Z <sub>TEL</sub> V 0,93 555   Z <sub>TEL</sub> G 2,16	2268   Z <sub>TEL</sub> V 0,53 1111   Z <sub>TEL</sub> G 1,08
<b>Teil 3</b> 130   135   75   750	60   Z <sub>TEL</sub> V 12,50 125   Z <sub>TEL</sub> G 6,00	140   Z <sub>TEL</sub> V 5,36 250   Z <sub>TEL</sub> G 3,00	280   Z <sub>TEL</sub> V 2,68 250   Z <sub>TEL</sub> G 3,00	448   Z <sub>TEL</sub> V 1,67 500   Z <sub>TEL</sub> G 1,50
<b>Teil 4</b> 169   30   30   1200	648   Z <sub>TEL</sub> V 1,85 555   Z <sub>TEL</sub> G 2,16	1170   Z <sub>TEL</sub> V 1,03 1111   Z <sub>TEL</sub> G 1,08	2550   Z <sub>TEL</sub> V 0,47 1111   Z <sub>TEL</sub> G 1,08	3906   Z <sub>TEL</sub> V 0,31 2222   Z <sub>TEL</sub> G 0,54
<b>Teil 5</b> 30   30   20   1200	5850   Z <sub>TEL</sub> V 0,21 5000   Z <sub>TEL</sub> G 0,24	11160   Z <sub>TEL</sub> V 0,11 10000   Z <sub>TEL</sub> G 0,12	24700   Z <sub>TEL</sub> V 0,05 10000   Z <sub>TEL</sub> G 0,12	37696   Z <sub>TEL</sub> V 0,03 20000   Z <sub>TEL</sub> G 0,06
<b>Teil 6</b> 159   35   35   1200	420   Z <sub>TEL</sub> V 2,86 416   Z <sub>TEL</sub> G 2,88	825   Z <sub>TEL</sub> V 1,45 833   Z <sub>TEL</sub> G 1,44	2205   Z <sub>TEL</sub> V 0,54 833   Z <sub>TEL</sub> G 1,44	3402   Z <sub>TEL</sub> V 0,35 1666   Z <sub>TEL</sub> G 0,72
<b>Teil 7</b> 80   80   20   1200	702   Z <sub>TEL</sub> V 1,71 625   Z <sub>TEL</sub> G 1,92	1320   Z <sub>TEL</sub> V 0,91 1250   Z <sub>TEL</sub> G 0,96	3276   Z <sub>TEL</sub> V 0,37 1250   Z <sub>TEL</sub> G 0,96	4928   Z <sub>TEL</sub> V 0,24 2500   Z <sub>TEL</sub> G 0,48
<b>Teil 8</b> 192   50   50   900	165   Z <sub>TEL</sub> V 5,45 166   Z <sub>TEL</sub> G 5,42	352   Z <sub>TEL</sub> V 2,56 333   Z <sub>TEL</sub> G 2,70	750   Z <sub>TEL</sub> V 1,20 333   Z <sub>TEL</sub> G 2,70	1235   Z <sub>TEL</sub> V 0,73 666   Z <sub>TEL</sub> G 1,35

Erläuterung zur Bestimmung mittels **VoluOPT(2004)** siehe (hier **Rechentabelle** anklicken) unter:  
<http://www.uwe-pret.de/voluopt.xls>

**Bestimmung der Zahl der Transporteinheiten pro Los ( $Z_{TE,L}$ )**

lfd. Nr.	Zeichnungs-Nr.	Benennung	$X_L$ [Stck/Los]	$Z_L$ [Los/a]	$Z_{TE,L}$ Volumen [TE/Los]	$Z_{TE,L}$ Gewicht [TE/Los]	$Z_{TE,L}$ Abgleich [TE/Los]
1	MT 110.10.00.001	Schnecken-Fußgehäuse	450	80	6	4	6
2	MT 110.10.00.002	Gehäusedeckel	1.200	30	1	3	3
3	MT 110.10.01.001	Antriebsgehäuse	750	48	3	3	3
4	MT 110.10.01.002	Antriebswelle	1.200	30	1	2	2
5	MT 110.10.01.003	Antriebsritzel	1.200	30	1	1	1
6	MT 110.10.00.003	Schnecke	1.200	30	1	2	2
7	MT 110.10.00.004	Antriebsrad	1.200	30	1	1	1
8	MT 110.10.00.005	Abtriebswelle	900	40	2	3	3

$Z_{TE,L}$  – Zahl der Transporteinheiten je Los (z. B. Behälter/Los) – ergibt sich aus Tragfähigkeit und max. Volumen eines Behältertyps  
 Auszuwählen ist jeweils das Maximum aus Volumen- bzw. Gewichtsbelastung (Abgleich)!

## 4 Idealplanung

[4.1 Ideales Funktionsschema](#)

[4.2 Flächenmaßstäbliches Funktionsschema](#)

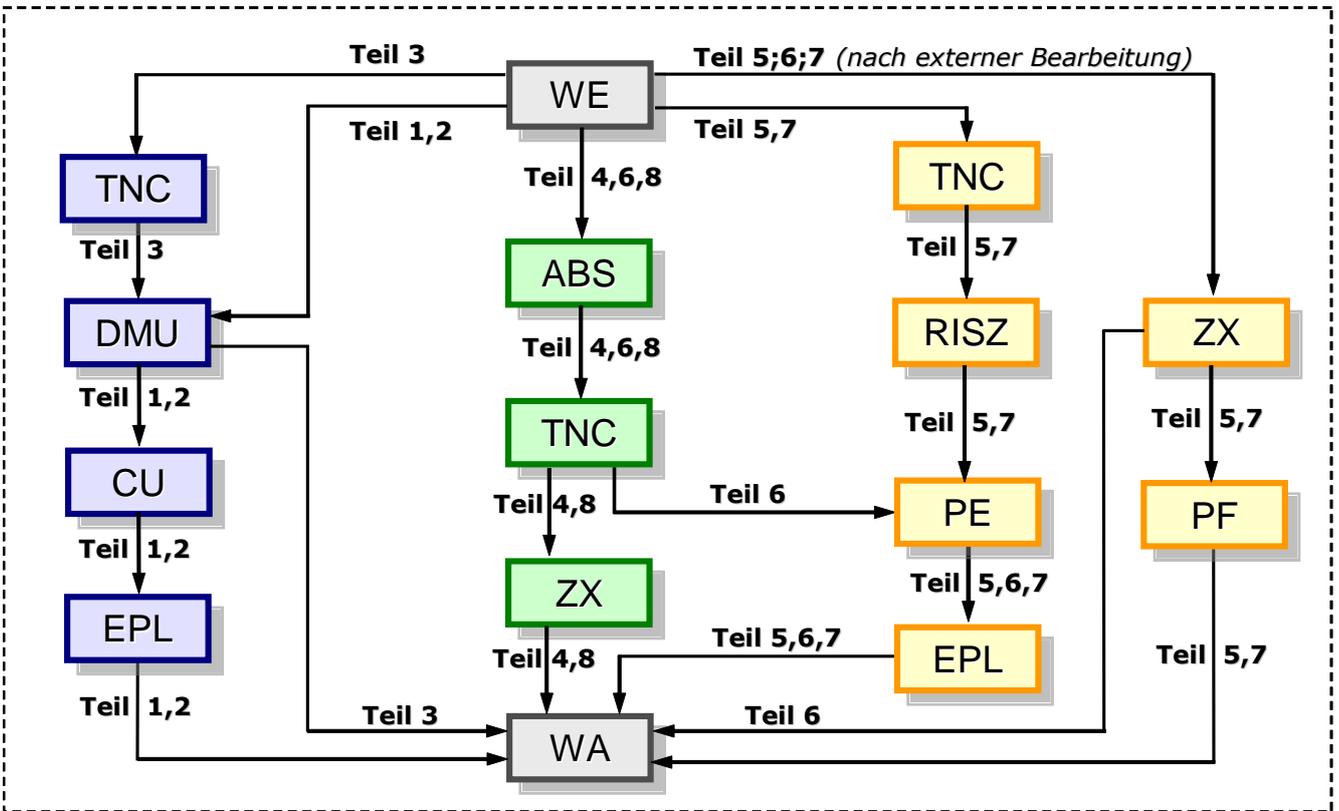
[4.3 Flussdiagramme \(Materialfluss\)](#)

[4.4 Optimierung der Maschinenanordnung](#)

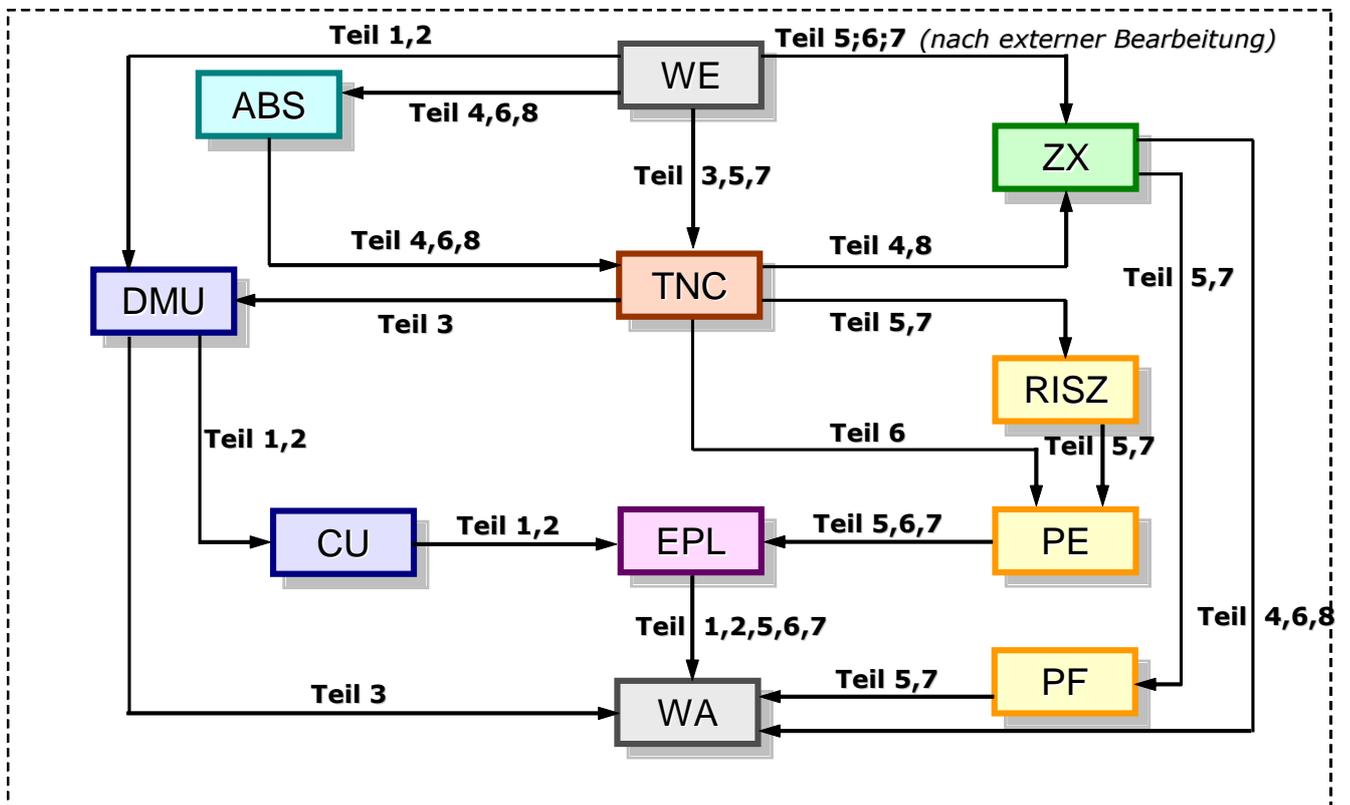
[4.5 Ideallayout \(Blocklayout\)](#)

### 4.1 Ideales Funktionsschema

⇒ Gruppenfertigung

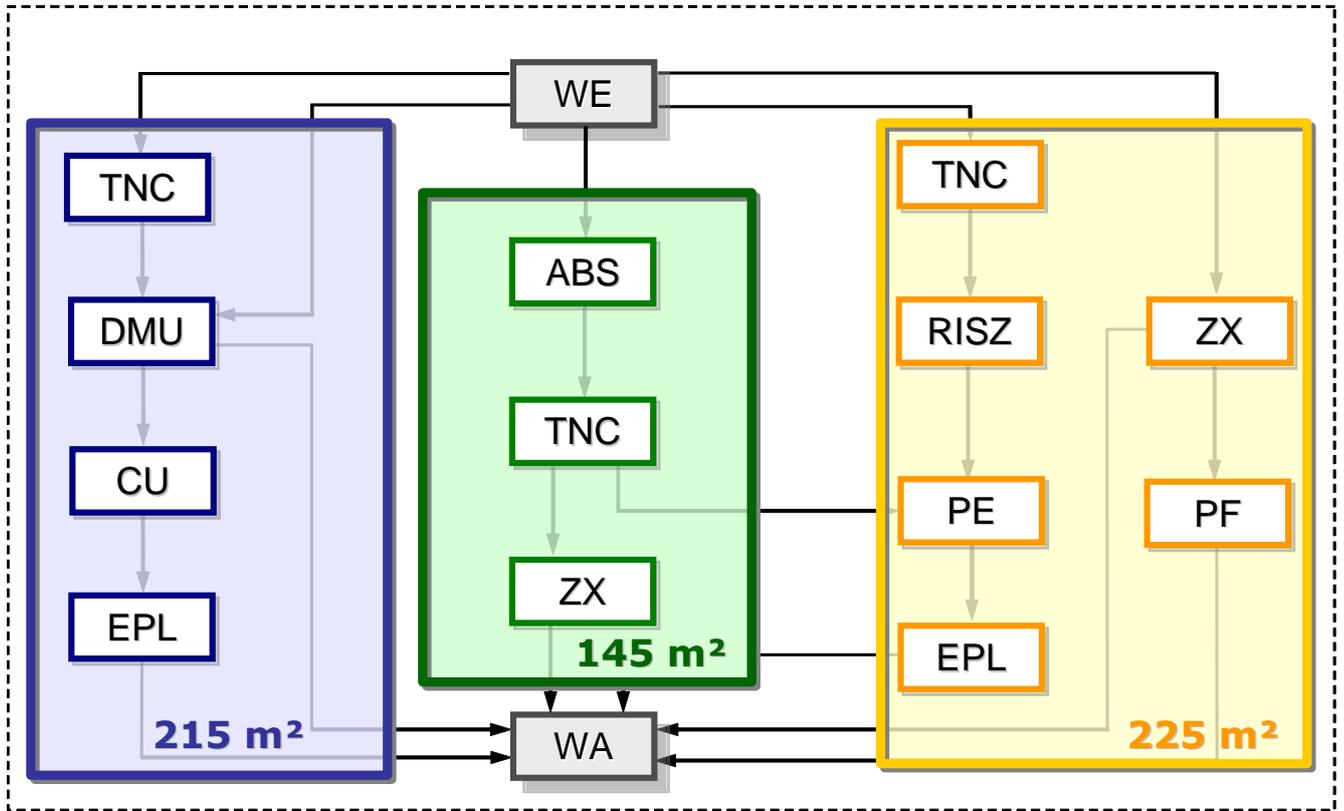


⇒ Werkstattfertigung

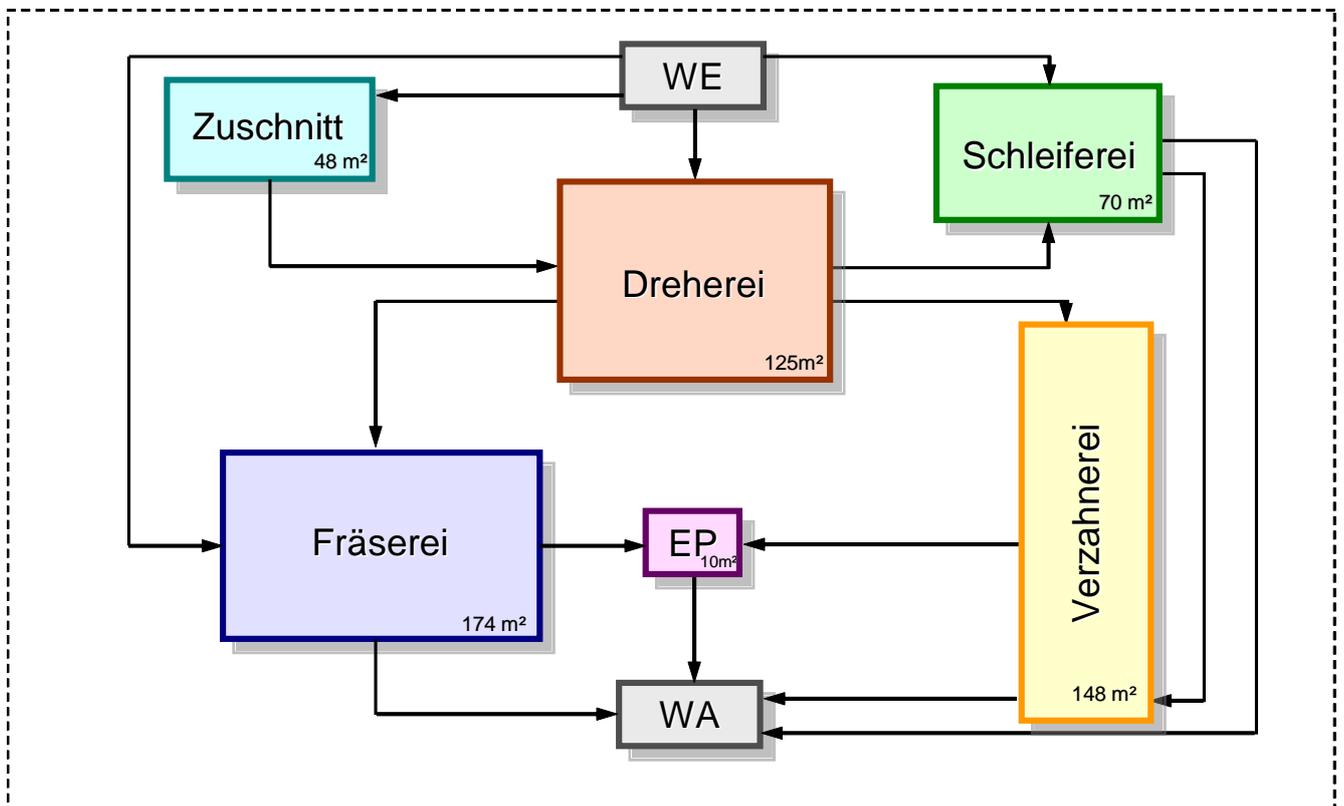


#### 4.2 Flächenmaßstäbliches Funktionsschema

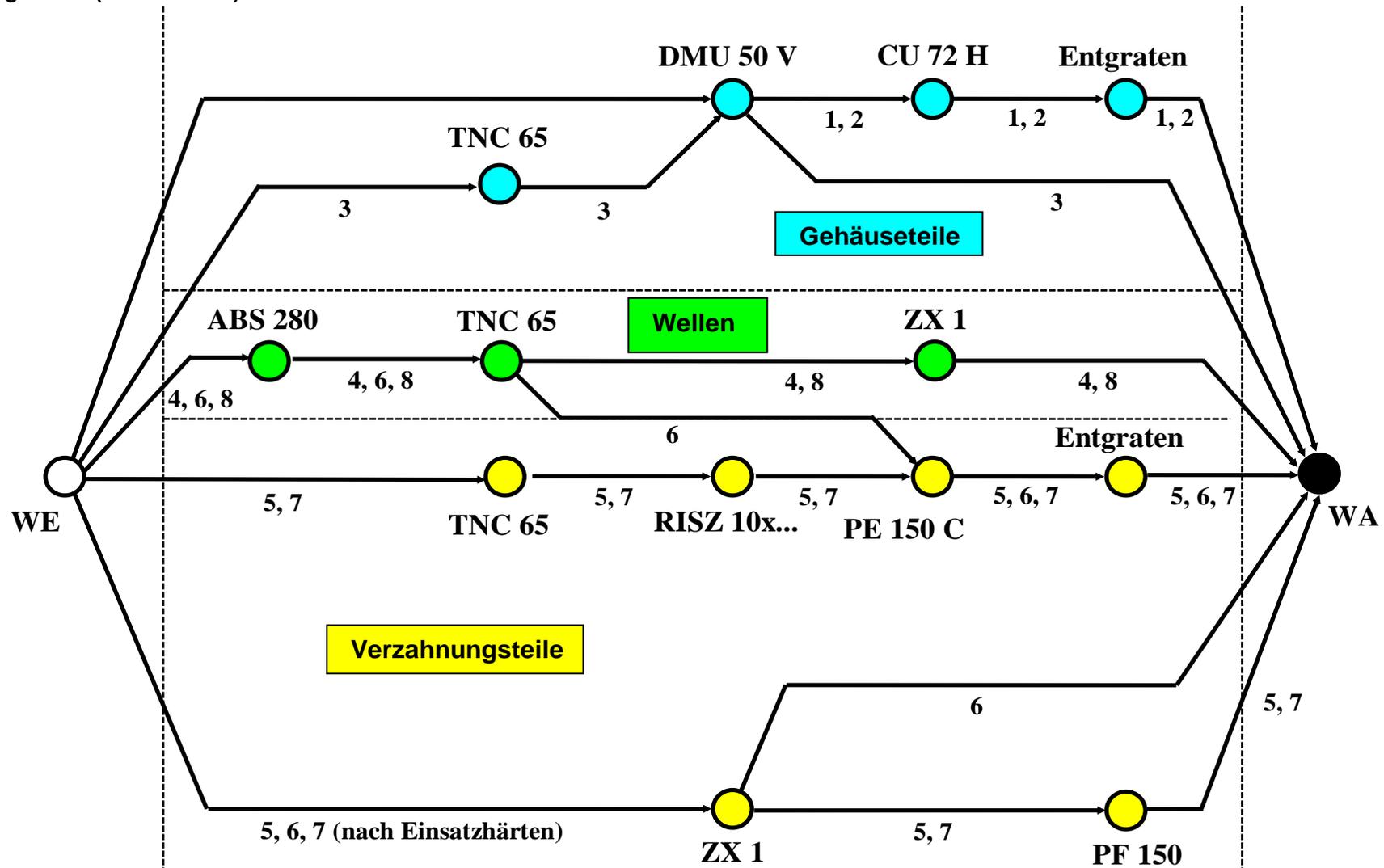
⇒ Gruppenfertigung



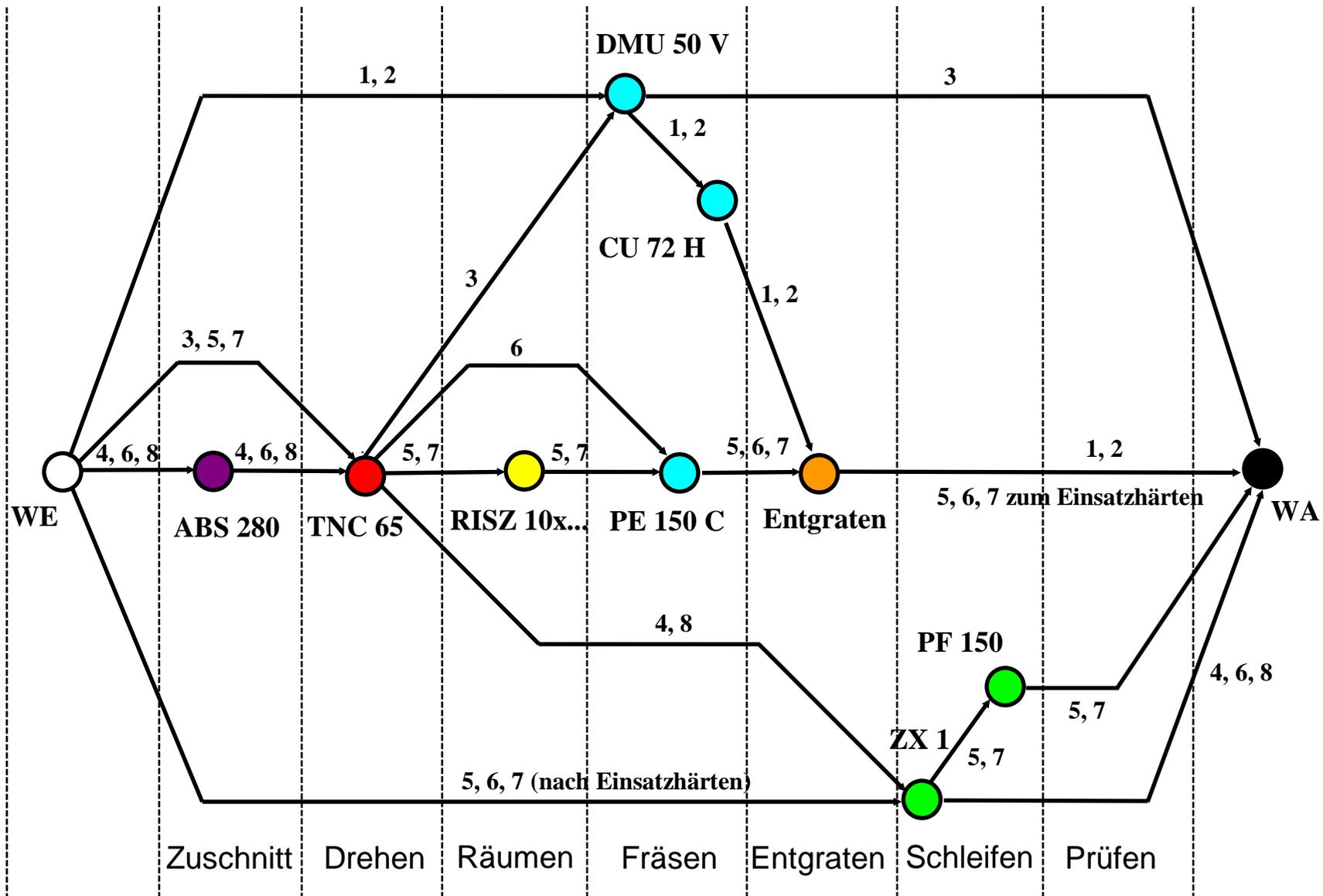
⇒ Werkstattfertigung



4.3 Flussdiagramme (Materialfluss)



Flussgraph der Eigenteilefertigung „Gruppenfertigung“



Flussgraph der Eigenteilefertigung „Werkstattfertigung“

#### 4.4 Optimierung der Maschinenanordnung (SCHMIGALLA)

⇒ Bestimmung der Transportintensitäten

lfd. Nr.	von	nach	Teil	Z <sub>L</sub> [Lose/a]	Z <sub>TE,L</sub> [TE/LOS]	Z <sub>L</sub> x Z <sub>TE,L</sub> [TE/a]	Σ Z <sub>L</sub> x Z <sub>TE,L</sub> [TE/a]
1	WE	ABS 280	4	30	2	60	
2			6	30	2	60	
3			8	40	3	120	
							240
4	WE	TNC 65	3	48	3	144	
5			5	30	1	30	
6			7	30	1	30	
							204
7	WE	DMU 50 V	1	80	6	480	
8			2	30	3	90	
							570
9	WE	ZX 1	5	30	1	30	
10			6	30	2	60	
11			7	30	1	30	
							120
12	ABS 280	TNC 65	4	30	2	60	
13			6	30	2	60	
14			8	40	3	120	
							240
15	TNC 65	RISZ 10x1000x320	5	30	1	30	
16			7	30	1	30	
							60
17	TNC 65	PE 150 C	6	30	2	60	
							60
18	TNC 65	DMU 50 V	3	48	3	144	
							144
19	TNC 65	ZX 1	4	30	2	60	
20			8	40	3	120	
							180
21	RISZ 10x1000x320	PE 150 C	5	30	1	30	
22			7	30	1	30	
							60
23	PE 150 C	ENTGRATPLATZ	5	30	1	30	
24			6	30	2	60	
25			7	30	1	30	
							120
26	DMU 50 V	CU 72 H	1	80	6	480	
27			2	30	3	90	
							570
28	DMU 50 V	WA	3	48	3	144	
							144
29	CU 72 H	ENTGRATPLATZ	1	80	6	480	
30			2	30	3	90	
							570
31	ENTGRATPLATZ	WA	1	80	6	480	
32			2	30	3	90	
33			5	30	1	30	
34			6	30	2	60	
35			7	30	1	30	
							690
36	ZX 1	PF 150	5	30	1	30	
37			7	30	1	30	
							60
38	ZX 1	WA	4	30	2	60	
39			6	30	2	60	
40			8	40	3	120	
							240
41	PF 150	WA	5	30	1	30	
42			7	30	1	30	
							60
	<b>SUMME</b>	<b>über alles</b>					<b>4.332</b>

Hinweis: Die Stangentransporte (WE → ABS 280) wurden vereinfacht als Behältertransporte dargestellt

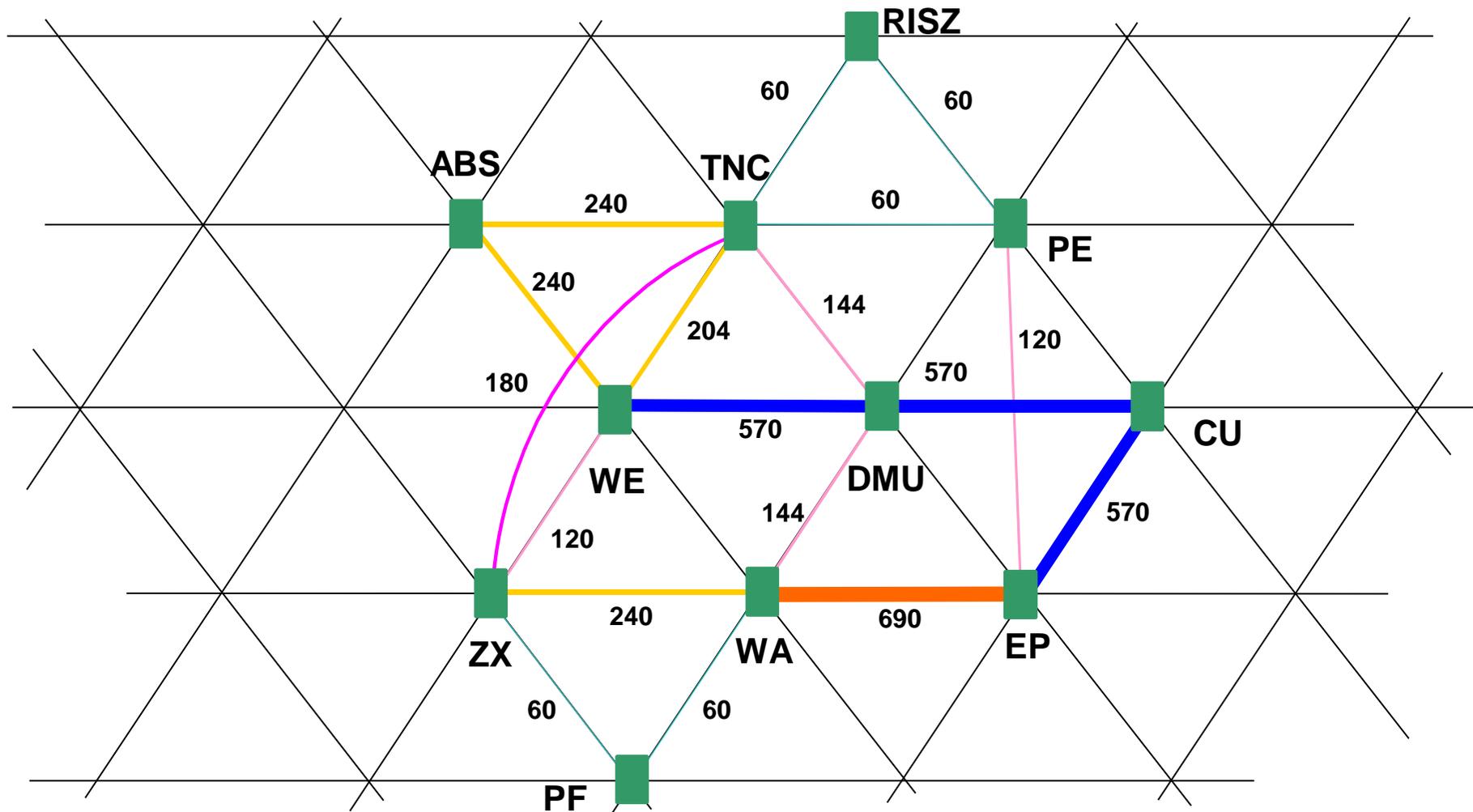
⇒ Reihenfolgebestimmung

### Reihenfolge der Anordnung

von \ nach	WE	ABS	TNC	RISZ	PE	DMU	CU	Entgr.	ZX	PF	WA
WE		240	204			570			120		
ABS 280	240		240								
TNC 65	204	240		60	60	144			180		
RISZ 10x...			60		60						
PE 150 C			60	60				120			
DMU 50 V	570		144				570				144
CU 72 H						570		570			
Entgratplatz					120		570				690
ZX 1	120		180							60	240
PF 150									60		60
WA						144		690	240	60	
Entgr.					120		570				
WA						144			240	60	
Σ	0	0	0	0	120	144	570		240	60	
CU 72 H						570					
Σ	0	0	0	0	120	714			240	60	
DMU50V	570		144								
Σ	570	0	144	0	120				240	60	
WE		240	204						120		
Σ		240	348	0	120				360	60	
ZX 1			180							60	
Σ		240	528	0	120					120	
TNC 65		240		60	60						
Σ		480		60	180					120	
ABS 280											
Σ				60	180					120	
PE 150 C				60							
Σ				120						120	
RISZ 10x											
Σ										120	
PF 150											

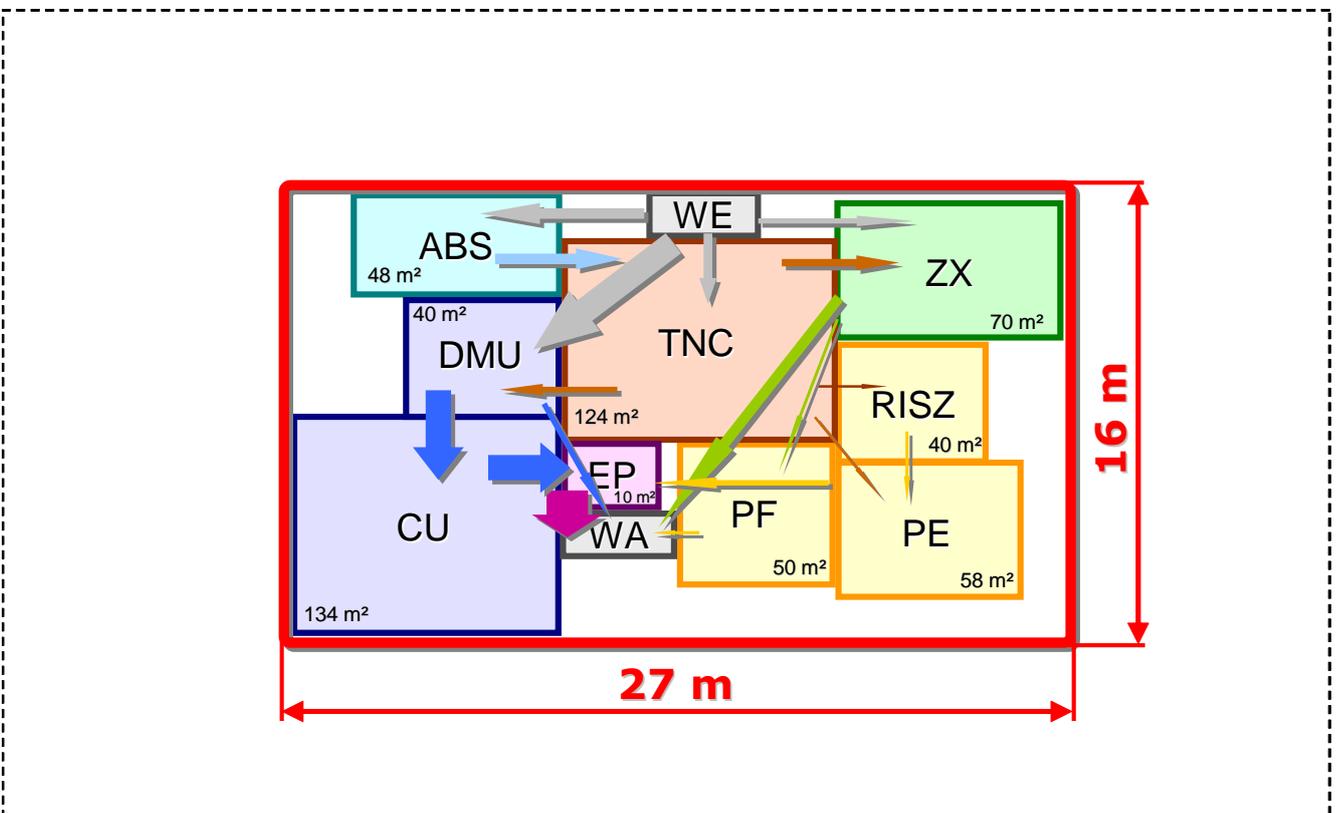
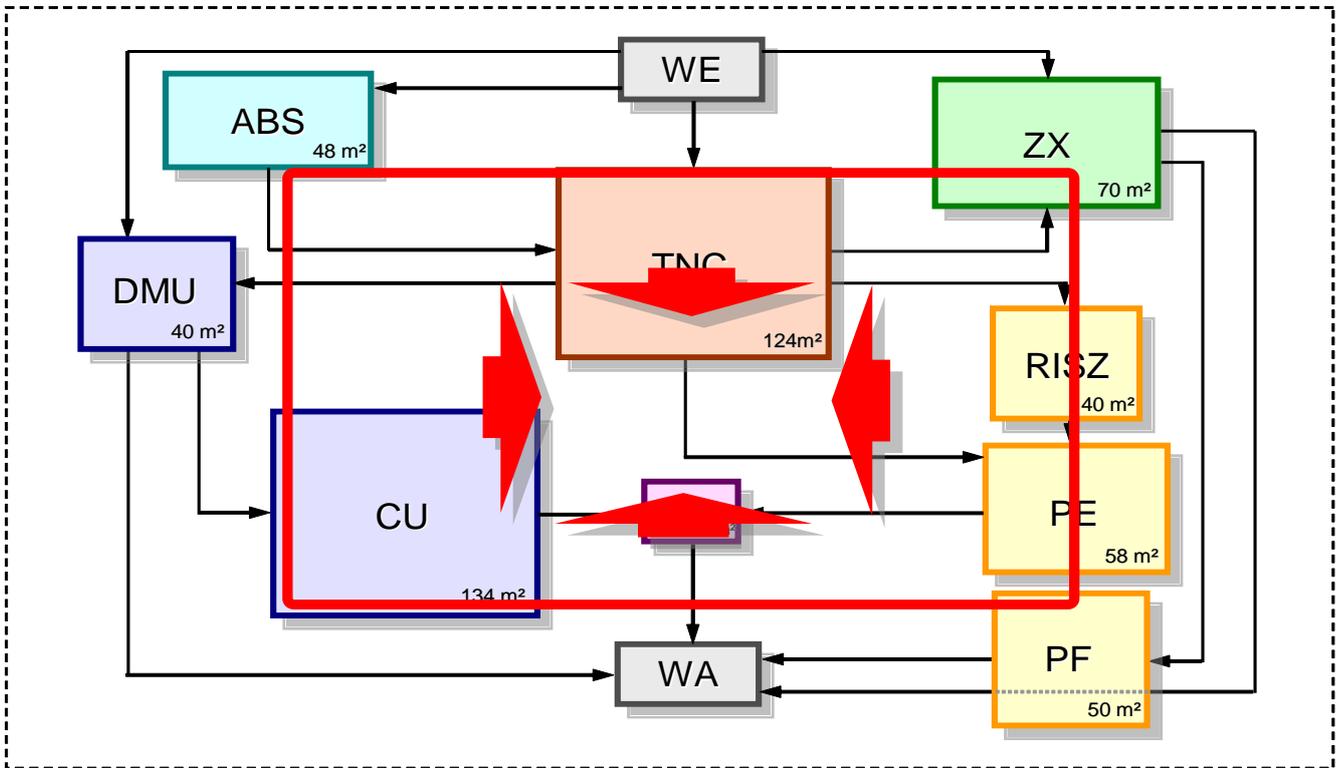
Reihenfolge der Anordnung : 1. Entgratplatz 4. DMU 50 V 7. TNC 65 10. RISZ 10x1000x320  
 2. WA 5. WE 8. ABS 280 11. PF 150  
 3. CU 72 H 6. ZX 1 9. PE 150 C

⇒ Dreiecknetz (Werkstattfertigung)



**Dreiecknetz-Variante** nach dem **modifizierten Dreieckverfahren** von **Schmigalla**  
als **Ideallösung** für **Maschinenaufstellung**

4.5 Blocklayout = Ideallayout (Werkstattfertigung)



## 5 Realplanung

[5.1 Gestaltungsregeln / Restriktionen](#)

[5.2 Groblayoutvarianten](#)

[5.3 Feinlayoutvarianten](#)

[5.4 Montagearbeitsplatz](#)

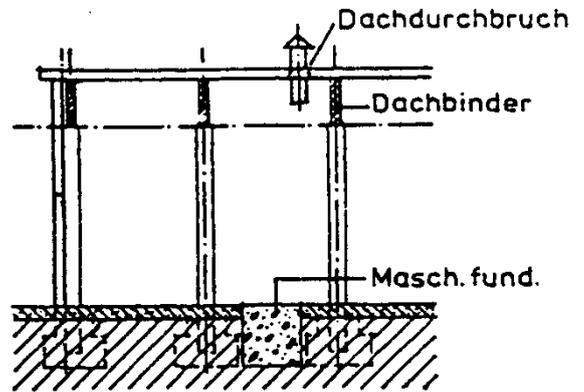
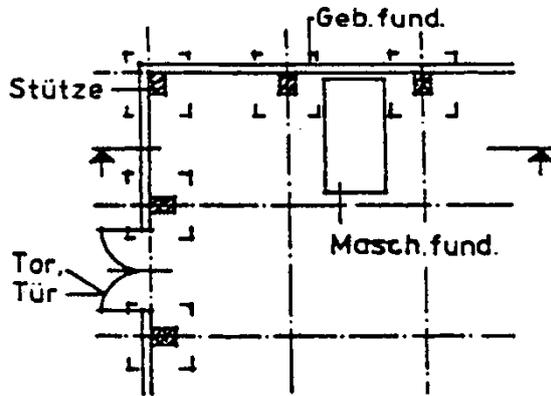
[5.5 Layoutbewertung](#)

## 5 Realplanung

### 5.1 Gestaltungsregeln / Restriktionen

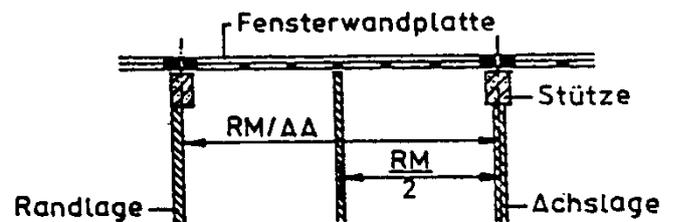
#### Layoutregeln - Auswahl, Beispiele (nach TU Dresden)

1. Das Konstruktionsraster eines Bauwerks ist das Raster des tragenden Skeletts.  
 Mit allen technologischen Details (Maschinenfundamente, Türen, Tore, Durchbrüche usw.) muss ausgewichen werden!

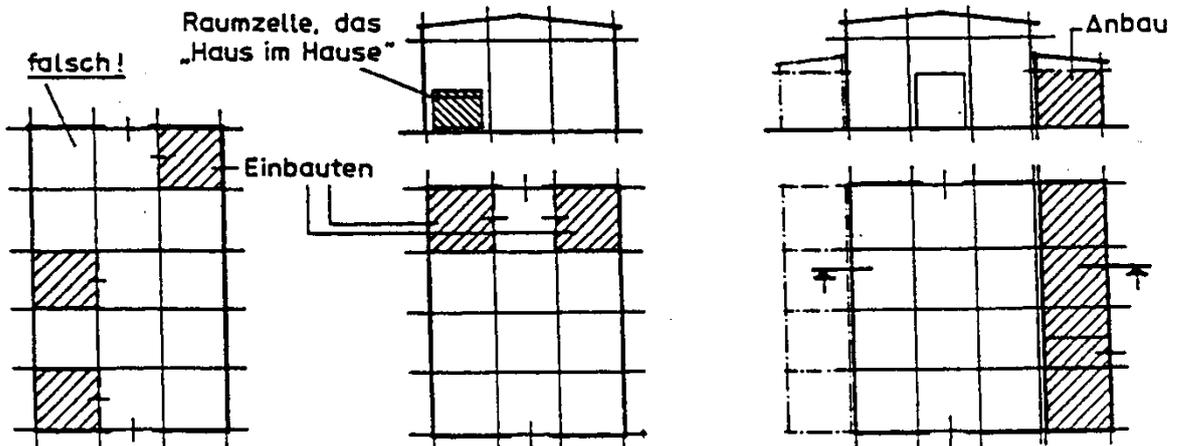


2. Trennwände an Stützen führen!  
 Leichte Trennwände auch in Rastermitte (Fenstersprosse) möglich.

RM - Rastermaß  
 AA - Achsabstand

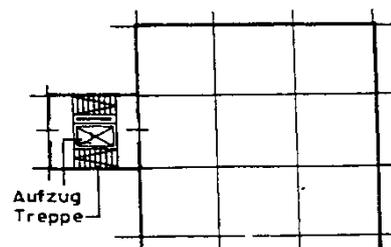


3. Bei Abtrennung von Räumen müssen geschlossene zusammenhängende Flächen verbleiben! Kleinere Räume in An- oder Einbauten einordnen.

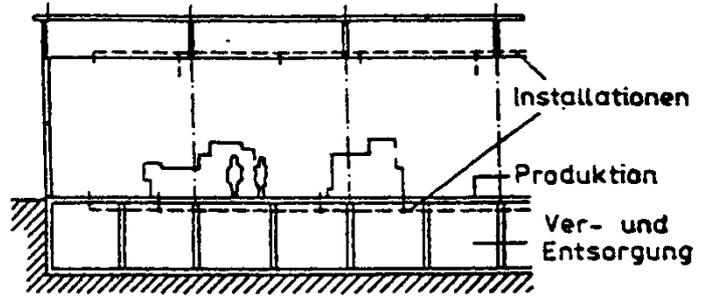


4. Festpunkte auf der Hauptfläche vermeiden  
 (Treppen, Gruben, Kanäle, Aufzüge, Einzelfundamente)!  
 Sie schränken die Flexibilität ein.

Beispiel: vorgesetzter Erschließungstrakt an einem Geschossbau

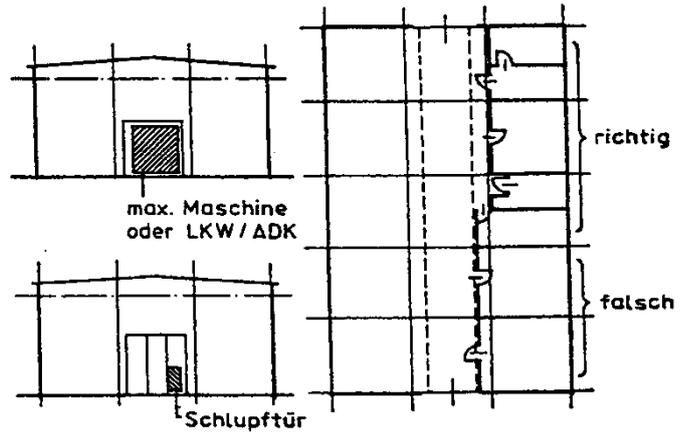


5. Prüfen, ob Funktionstrennung durch vertikale Schichtung von Ebenen Vorteile bringt.



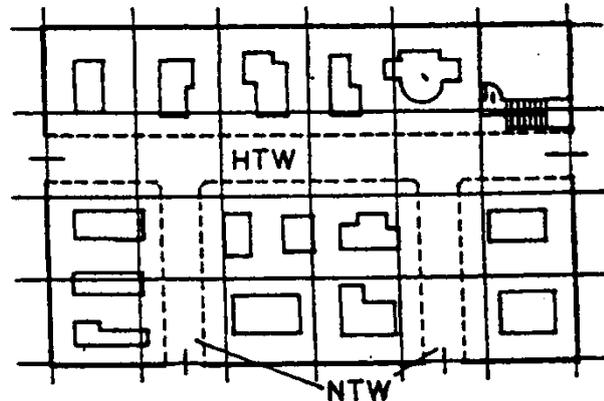
6. Tore und Türen ausreichend bemessen und richtig anordnen.  
 Abmessungen nach DIN.  
 Oft ist Bauablauf maßgebend, nicht Produktionsablauf!

LKW Lastkraftwagen  
 ADK Autodrehkran

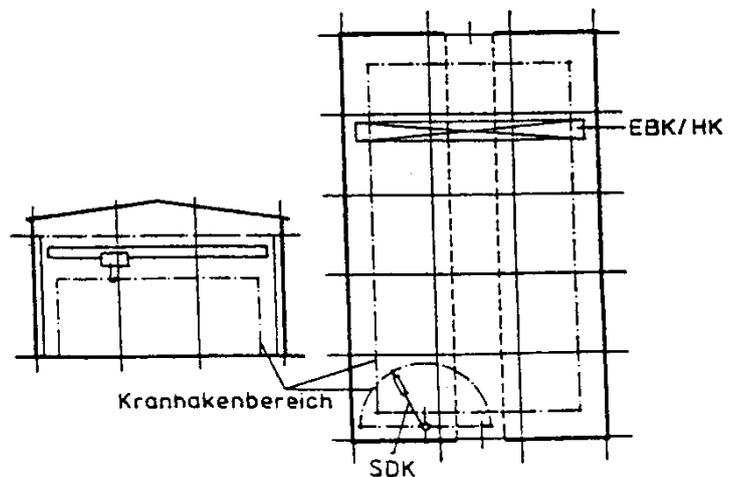


7. Orthogonales Netz von Haupt- und Nebentransportwegen anordnen! Anschluss von Toren und Türen. Alle Arbeitsplätze liegen an einem Transportweg (Zugänglichkeit).  
 Wege kennzeichnen und freihalten, es sind immer auch Fluchtwege!

HTW Haupttransportweg  
 NTW Nebentransportweg



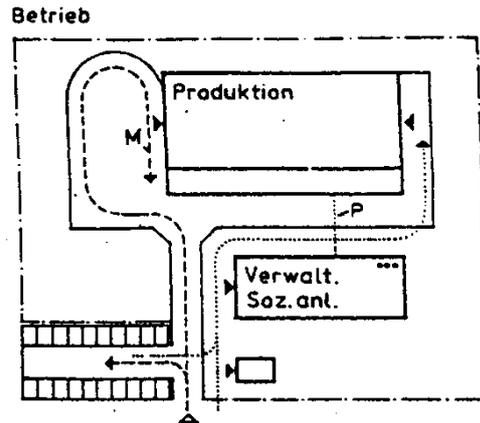
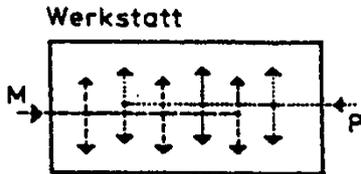
8. Bei der Anordnung von Maschinen und Ablageflächen Kranhakenbereich beachten!



EBK Einträger-Brückenkran  
 HK Hängekran  
 SDK Säulendrehkran

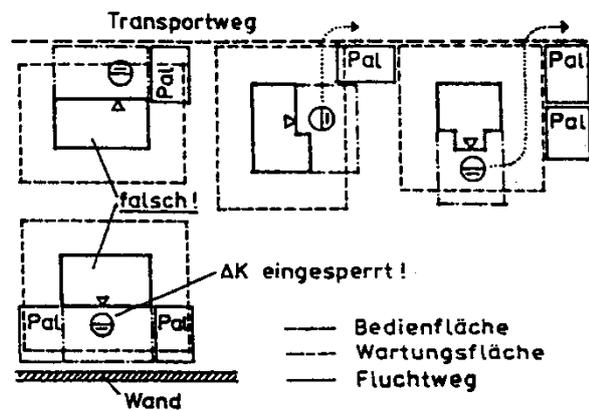
9. Überschneidungen von Material- und Personenfluss vermindern oder vermeiden!

M Material, Fahrzeuge  
 P Personen



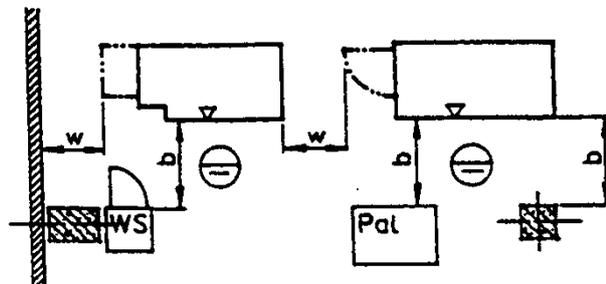
10. Arbeitsplätze sehr sorgfältig gestalten!  
 Künftige Arbeitskräfte in die Diskussionen einbeziehen.

- Funktionsflächen verwenden.
- Licht und Klima schaffen.
- Benachbarte Arbeitsplätze in Sicht- und Rufweite.
- Kurze Bedienwege (Mehrmaschinenbedienung).
- Greifbereiche beachten.
- Zwangshaltungen vermeiden.
- Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz berücksichtigen.
- Fluchtwege ausweisen.



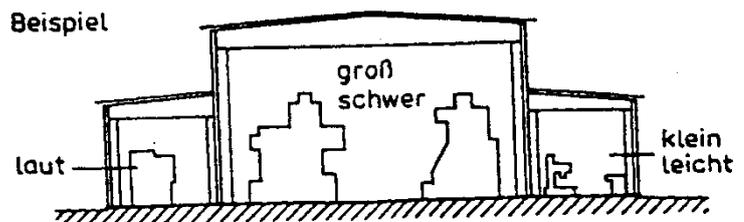
11. Mindestabstände zwischen Maschinen und Bauwerksteilen und zwischen Maschinen einhalten!

b Bedienabstand  
 w Wartungsabstand  
 WS Werkzeugschrank



12. Arbeitsplätze, die unterschiedliche Raumanforderungen haben oder sich gegenseitig beeinträchtigen können, räumlich voneinander trennen.

Trennung von	
schwer	leicht
groß	klein
laut	leise
naß	trocken
warm	kalt
...	...



## Technische Regeln für Arbeitsstätten

### **ASR A1.8 Verkehrswege<sup>1</sup>**

Ausgabe November 2012 (Auszug)

#### **4 Einrichten von Verkehrswegen**

...

##### **4.3 Wege für den Fahrzeugverkehr**

(1) Fußgänger- und Fahrzeugverkehr sind so zu führen, dass Beschäftigte nicht gefährdet werden.

(2) Wege für den Fahrzeugverkehr müssen in einem Mindestabstand von 1 m an Türen und Toren, Durchgängen, Durchfahrten und Treppenaustritten vorbeiführen.

Hinweis:

Es hat sich bewährt, den Fußgängerverkehr in diesen Bereichen zusätzlich durch ein Geländer vom Fahrzeugverkehr zu trennen.

(3) Die Mindestbreite der Wege für den Fahrzeugverkehr berechnet sich aus der Summe (siehe Abb. 3)

- der größten Breite des Transportmittels oder Ladegutes ( $a_T$ ),
- des Randzuschlags ( $Z_1$ ) und
- des Begegnungszuschlags ( $Z_2$ ).

Sicherheitszuschläge (Rand- und Begegnungszuschläge) sind abhängig von der Fahrgeschwindigkeit und der Kombination von Fußgänger- und Fahrzeugverkehr (siehe Tabelle 3). Bei Geschwindigkeiten des Fahrzeugverkehrs größer als 20 km/h sind größere Werte für  $Z_1$  und  $Z_2$  erforderlich.

<sup>1</sup> ASR A1.8 "Verkehrswege" (veröffentlicht GMBI Nr. 62 vom 3. Dezember 2012, S. 1210)

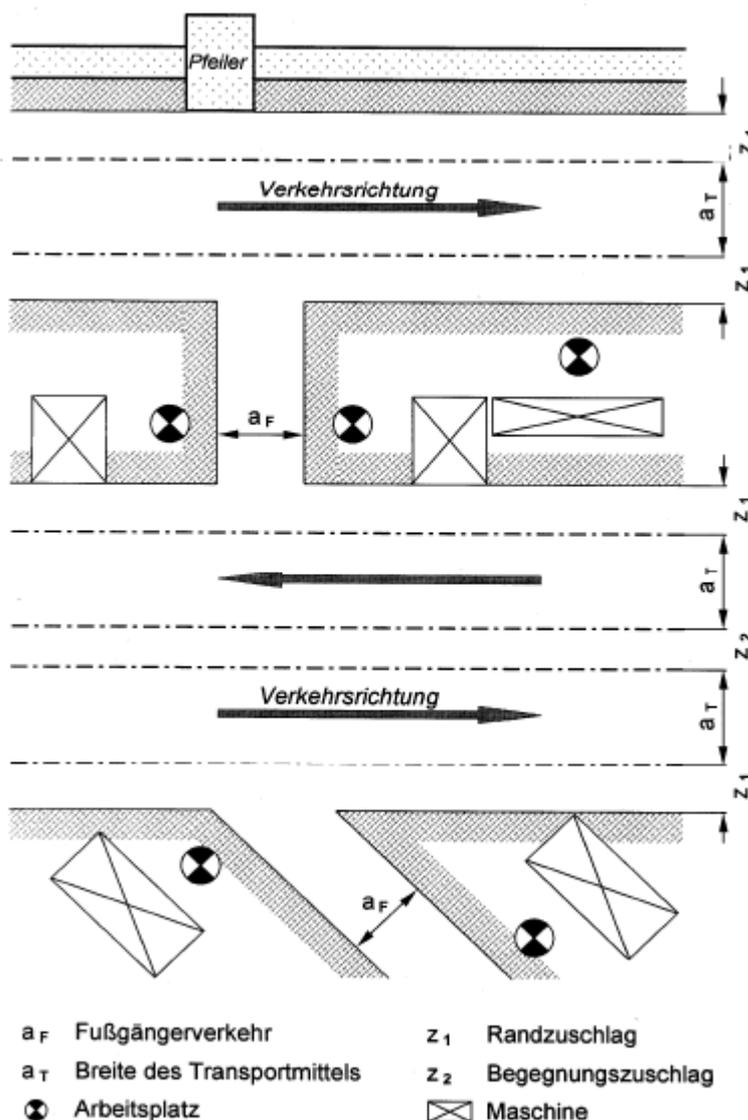
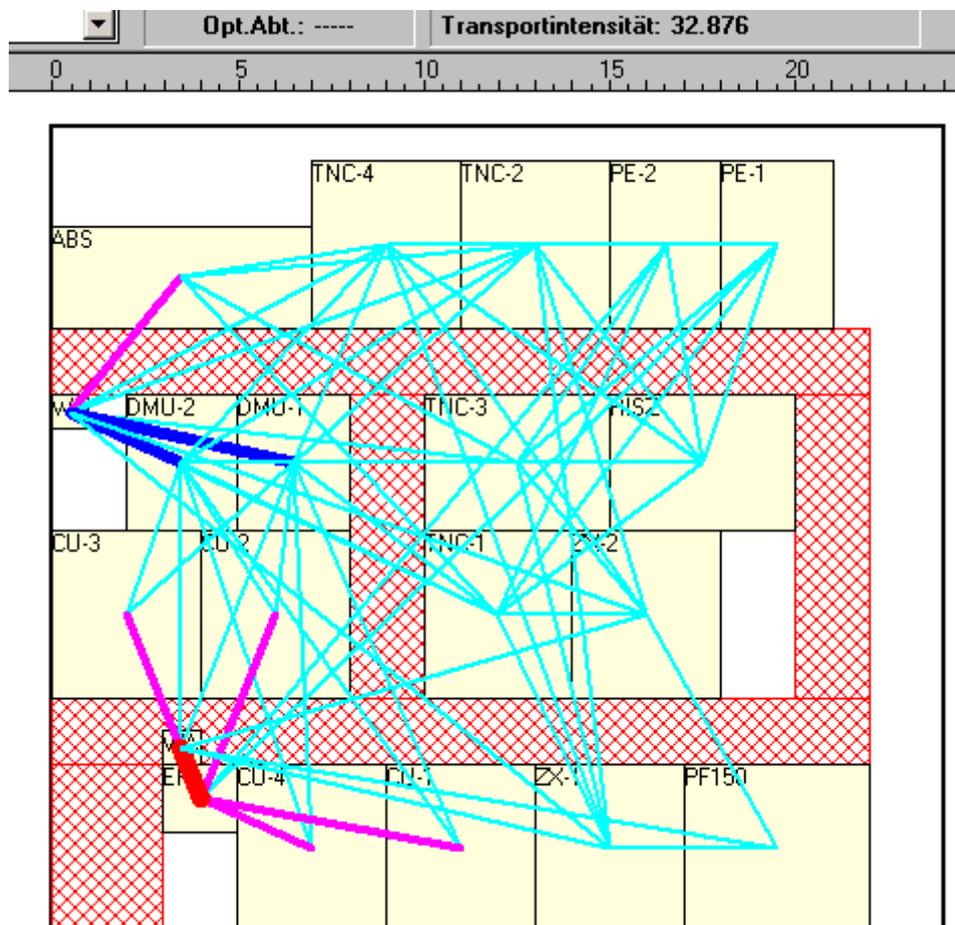


Abb. 3: Verkehrswegbreiten, Sicherheitszuschläge (siehe auch Tabellen 2 und 3)

Tabelle 3: Mindestmaße von Sicherheitszuschlägen für die Verkehrswegbreiten für Geschwindigkeiten  $\leq 20$  km/h

Betriebsart	Randzuschlag	Begegnungszuschlag
Fahrzeugverkehr	$2 Z_1 = 2 \times 0,50 \text{ m} = 1,00 \text{ m}$	$Z_2 = 0,40 \text{ m}$
Gemeinsamer Fußgänger- und Fahrzeugverkehr	$2 Z_1 = 2 \times 0,75 \text{ m} = 1,50 \text{ m}$	$Z_2 = 0,40 \text{ m}$

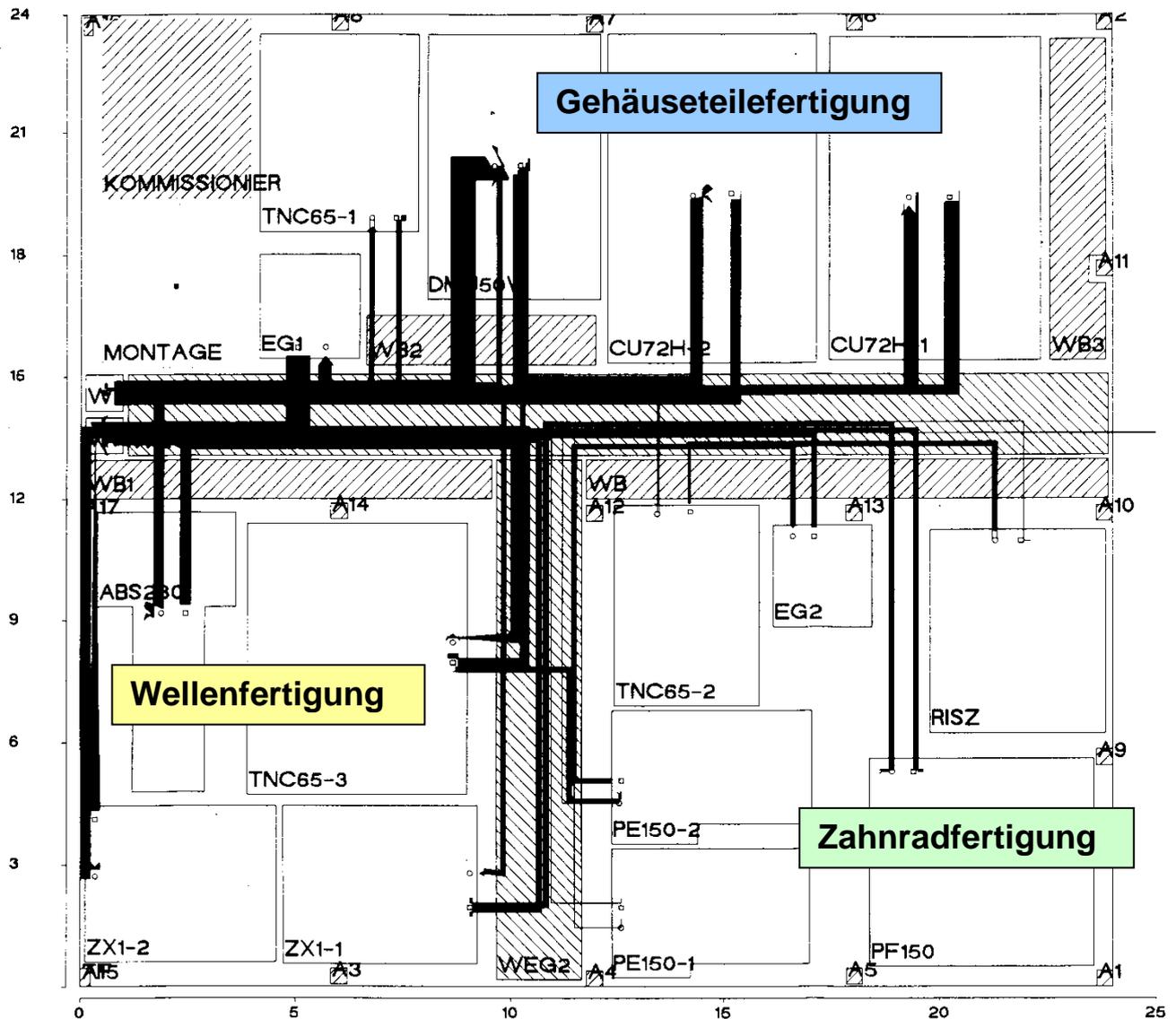
## 5.2. Groblayoutvarianten



Projekt Schneckengetriebe

### Groblayoutvariante 1: „Werkstattfertigung“

erstellt mit FALOP 2.0 der Universität Wien



Projekt Schneckengetriebe

**Groblayoutvariante 2: „Gruppenfertigung“**

erstellt mit LAPLAS-2 des SDZ Dortmund

Projekt :	VERSUC		
Variante :	GRFER3		
Verfügbare Fläche :	573.36	Entfernungen (kum.) :	441.46
Belegte Fläche :	394.41	Größte Entfernung :	30.28
in % :	68.79	Intensität (kum.) :	65679.42
Anzahl PF-Flächen :	18	Größte Intensität :	570
Kosten (kum.) :	65704.42	Sympathie (kum.) :	0.00
Zielwert :	131825.29		

### 5.3. Feinlayoutvarianten



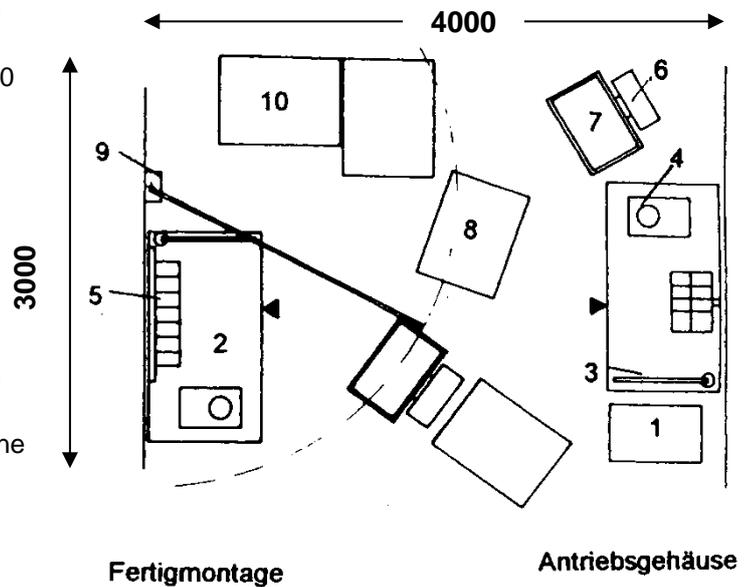
Projekt Schneckengetriebe  
**Feinlayoutvariante 1: „Werkstattfertigung“**  
erstellt mit „visTABLE®“ der Firma Plavis GmbH Chemnitz



Projekt Schneckenge triebe  
**Feinlayoutvariante 2: „Gruppenfertigung“**  
erstellt mit „MODULEX®“ im Ma ßstab 1:50

### 5.4 Montagearbeitsplatz

1. Schubladenschrank auf Rollen 400 x 600
2. FMS-Arbeitstisch 720 745 x 1400
3. Schrauberaufhängung in L-Bauweise
4. Tischpresse 3,5 kN
5. Greifbehälterregal
6. Kistenhubgerät
7. Materialkisten 400 x 600
8. Materialwagen zul . Belastung 500 N/Mat.ebene
9. Wandschwenkkran 125kg/2000mm mit Elektrokettzug, leichte Bauweise
10. Palette 600 x 800



Arbeitsplatz einer manuellen Montage



Foto: [Rose+Krieger RK-Easywork Montagearbeitsplätze](#)

### 5.5 Layoutbewertung

#### einfache Punktbewertung

<b>Einflussfaktor</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>
	<b>f<sub>B</sub></b>	<b>f<sub>B</sub></b>
materialflussgerechte Anordnung der Bereiche und Maschinen	<b>2</b>	<b>2,5</b>
Flächenausnutzung	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>
Restflächennutzbarkeit	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
flussgerechtes Fertigungsprinzip	<b>1,5</b>	<b>2,5</b>
Zugänglichkeit zu Arbeitsplätzen	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>
Mehrmaschinenbedienbarkeit	<b>2</b>	<b>2,5</b>
Erweiterungsfähigkeit	<b>1</b>	<b>1</b>
Übersichtlichkeit	<b>2</b>	<b>2,5</b>
<b>Σ (Punktwert)</b>	<b>14</b>	<b>16,5</b>

siehe auch unter:

**VDI-Richtlinie: VDI 2225 Blatt 3** (Technisch-wirtschaftliche Bewertung)

### Nutzwertanalyse

Einflussfaktor	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	W <sub>K</sub>	K <sub>G</sub>	Variante 1		Variante 2	
												f <sub>B</sub>	f <sub>B</sub> * K <sub>G</sub>	f <sub>B</sub>	f <sub>B</sub> * K <sub>G</sub>
materialflussgerechte Anordnung der Bereiche und Maschinen	1		<	>	=	=	>	=	>	4,5	17	2	34	2,5	43
Flächenausnutzung	2	>		>	=	>	>	>	>	6,5	23	2,5	58	2,5	58
Restflächennutzbarkeit	3	<	<		<	<	=	=	=	1,5	5	0,5	2	0,5	2
flussgerechtes Fertigungsprinzip	4	=	=	>		=	>	>	>	5,5	20	1,5	30	2,5	50
Zugänglichkeit zu Arbeitsplätzen	5	=	<	>	=		>	>	>	5	18	2,5	45	2,5	45
Mehrmaschinenbedienbarkeit	6	<	<	=	<	<		>	=	2	7	2	14	2,5	18
Erweiterungsfähigkeit	7	=	<	=	<	<	<		=	1,5	5	1	5	1	5
Übersichtlichkeit	8	<	<	=	<	<	=	=		1,5	5	2	10	2,5	12
<b>Σ (Nutzwert)</b>										<b>28</b>	<b>100</b>		<b>198</b>		<b>233</b>

Nutzwertanalyse mit **paarweisem Kriterienvergleich**; K<sub>G</sub> – Kriteriengewicht; W<sub>K</sub> – Wertäquivalente für die Kriterienwichtung: > (1,0); = (0,5); < (0)  
 f<sub>B</sub> – Bewertungsfaktor (0 bis 4); Kriteriengewichte gerundet!

**Fazit:**

**Variante 2 – (Gruppenfertigung) – ist zu bevorzugen!**