

# Systemgestaltung Konstruktion 3 Hubwerkgetriebe Vorbereitung

3. Testat  
Gehäuse,  
Dichtungen  
CAD-Tutoren  
Abgabe

Bild: Gabriele Schmadel\_pixelio.de



# Konstruktion




---

- ↓ Lagerauslegung, -konstruktion
- ↓ Lagerfestlegung
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Gehäuse
- ↓ Schrauben
- ↓ Schmierung
- ↓ Dichtung
- ↓ Abgabe

# Lagerauslegung

- ➔ Kräfte aus Verzahnungs- und Wellenberechnung  
(Umrechnung zurück auf **Nennlast**), isometrischer Kräfteplan
- ➔ Überschlägige Lagerabstände
- ➔ Lagerdaten: Katalog, [www.ina.de](http://www.ina.de) → [medias](http://medias), [www.skf.de](http://www.skf.de) etc.
- ➔ Forderung:  $L_{10h} \geq 20000h$   
aber auch nicht zu groß (vor allem nicht bei schnelllaufenden Wellen)!  
alternativ für die erste Auslegung:  $f_L \geq 3$ ,  
 $f_n$  nach RM TB14-4 / Lagerkatalog oder Formeln rechts  
(bei anderen geforderter Lebensdauer  $f_L$  modifizieren!)
- ➔ Lagernachrechnung  
von Hand / Excel / MathCad oder (nicht empfohlen) Mdesign

## Kontrolle

-  Eingabe = Ausgabe?
-  Lagerkräfte überschlägig prüfen!
-  Kraftrichtungen prüfen!

Formeln für  
Vorauslegung  
Alternativmethode:

$$C_{erf} \geq P \cdot \frac{f_L}{f_n}$$

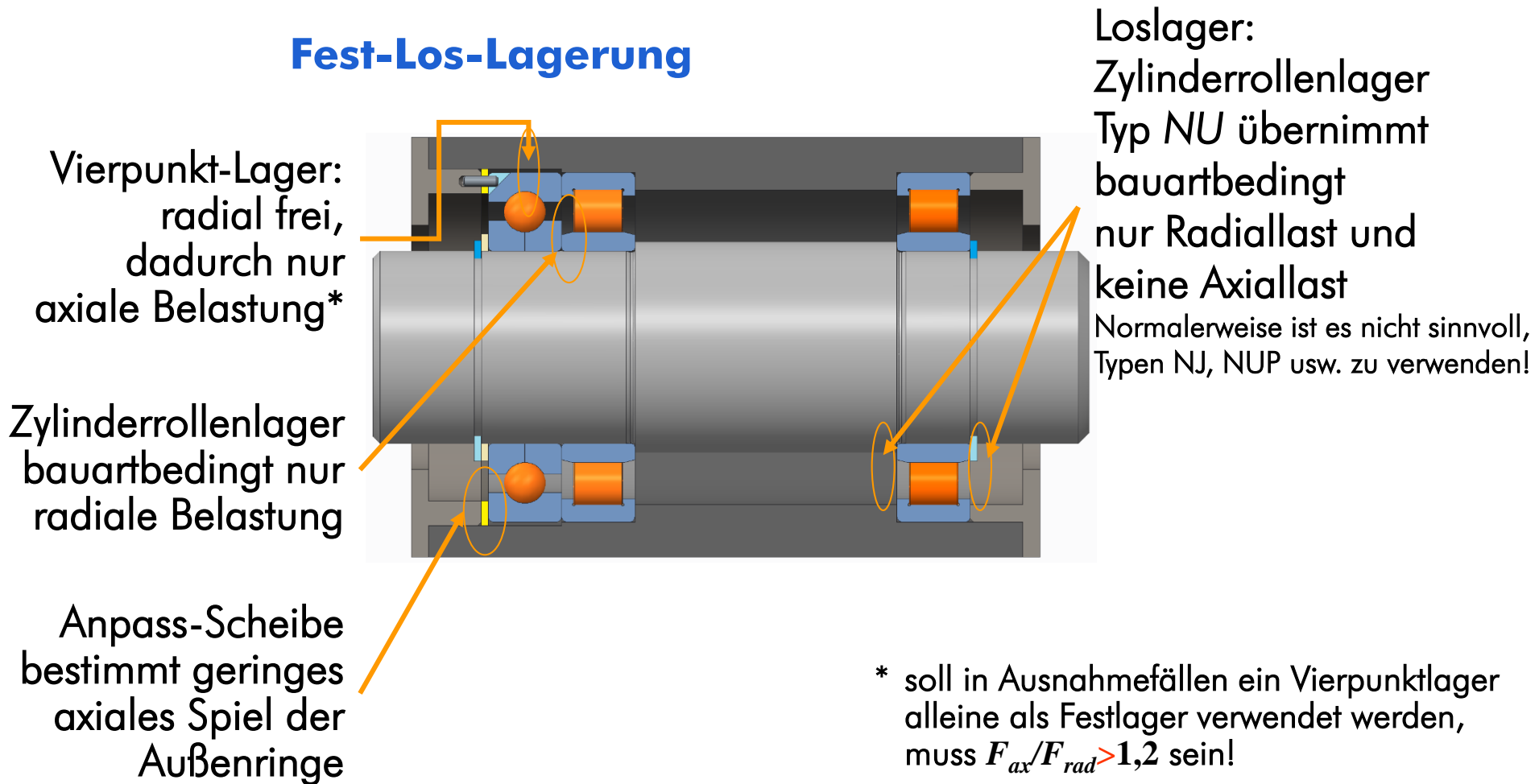
$$f_L \approx p \sqrt{\frac{L_{10h}}{500}}$$

$$f_n \approx p \sqrt{\frac{100}{3 \cdot n}}$$

# Lageranordnung - Varianten

## Fest-Los-Lagerung / Bsp.1

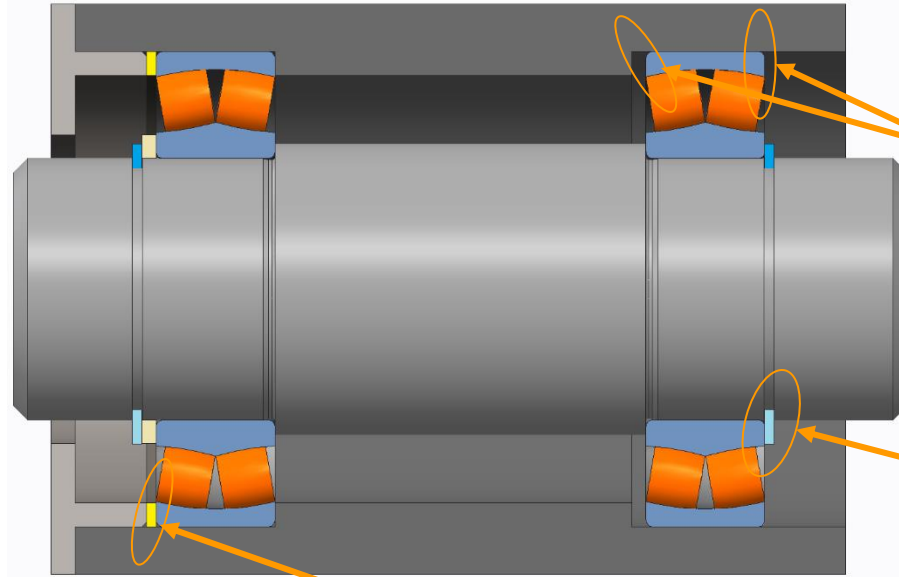
### Fest-Los-Lagerung



# Lageranordnung - Varianten

## Fest-Los-Lagerung/ Bsp.2

### Pendelrollenlager – Pendelrollenlager

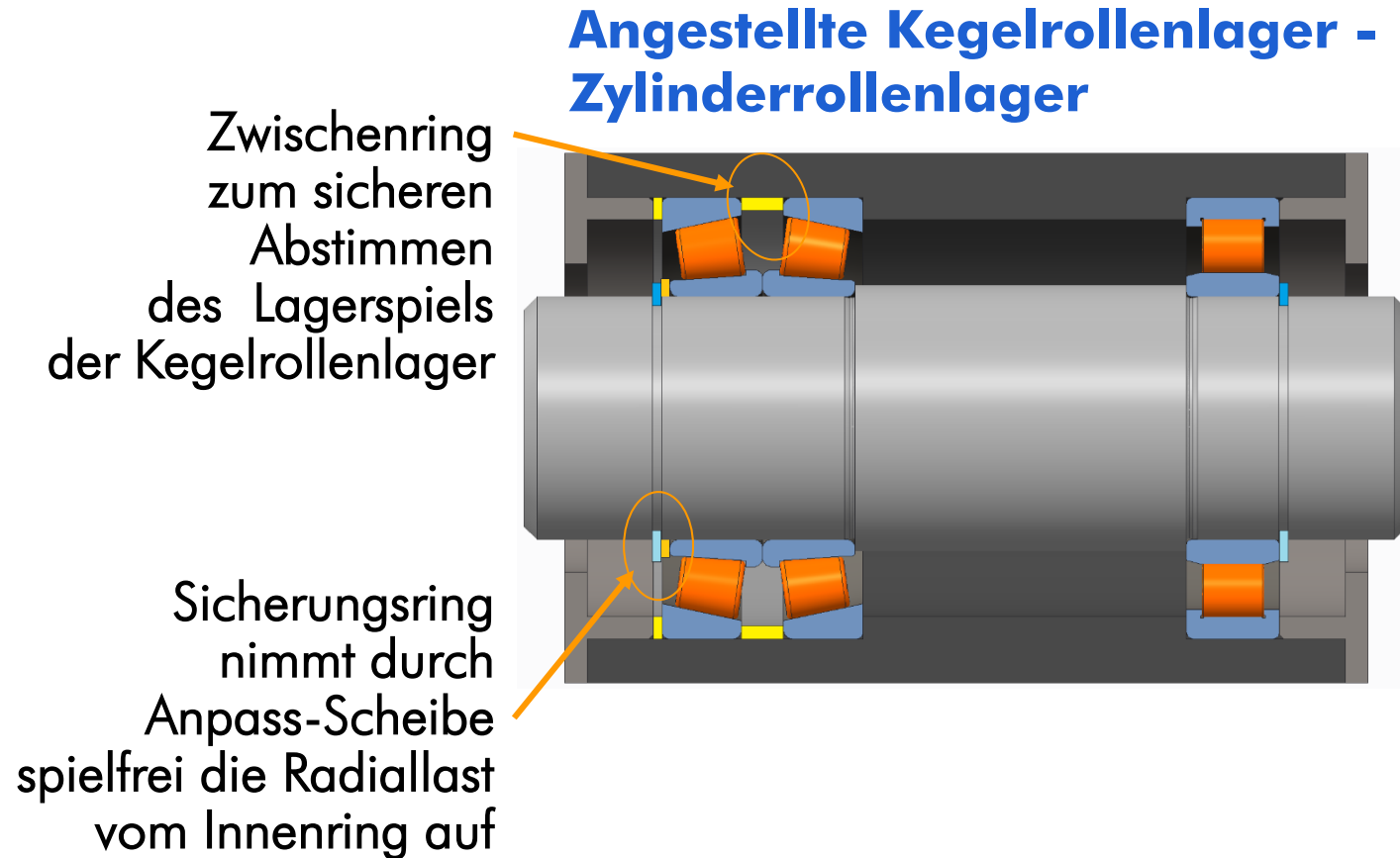


Loslager: Außenring  
der Pendelrollenlager  
axial frei.  
Passung beachten!

Loslager überträgt keine  
Axiallast:  
Keine Abstimmzscheibe  
am Sicherungsring nötig

PeRoLa als Festlager: Axiale Belastung prüfen!  
Sinnvolle radiale Belastbarkeit beider Rollenreihen und  
Vermeiden von Einzentrieren der Welle nur, wenn  $F_{ax}/F_{rad} < \frac{2}{3}e$  !  
**Nachweis nötig!** Sonst ist die Verwendung hier nicht zulässig.

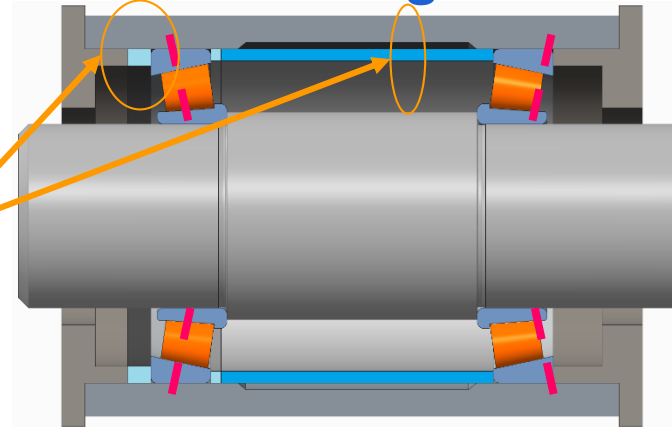
# Lageranordnung - Varianten Fest-Los-Lagerung/ Bsp.3



# Lageranordnung - Varianten angestellte Lagerung

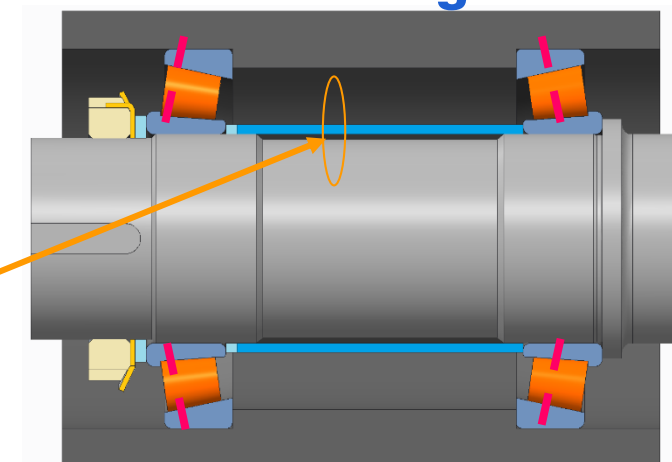
Hülse und Ringe  
zum sicheren Abstimmen  
des Lagerspiels  
der Kegelrollenlager

**X-Anordnung** ✘



Hülse und Ring  
zum sicheren Abstimmen  
des Lagerspiels  
der Kegelrollenlager

**O-Anordnung** ✔



# Lagerwahl

ungeeignete Bauart  
führt zu großen  
erforderlichen Lager-  
abmessungen !  
(Entscheidungshilfe → RM Bild 14.25)

Anforderungen/Ausführung	Wälzlagerbauformen																
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	q	
rein radial belastbar	2	2	3	1	2	3	3	3	3	3	4	4	4	0	0	0	
rein axial belastbar	2	2 <sup>1)</sup>	2	3	1	0	2 <sup>1)</sup>	2	0	3 <sup>1)</sup>	3	1	2	3 <sup>2)</sup>	3 <sup>2)</sup>	3 <sup>1)</sup>	
kombiniert belastbar	2	3 <sup>1)</sup>	3	2	1	0	2 <sup>1)</sup>	2	0	4 <sup>1)</sup>	4	1	4	0	0	2 <sup>1)</sup>	
Längenausgleich im Lager	0	0	0	0	0	4	2	2 <sup>1)</sup>	4	0	0	0	0	0	0	0	
Lager selbsthaltend	j	j	j <sup>3)</sup>	0	j	0	0	0	0	0	0	j	j	0	0	0	
Festlager	3	3 <sup>1)</sup>	3	3	2	0	3 <sup>1)</sup>	3	0	4 <sup>1)</sup>	4	3	3	3 <sup>2)</sup>	3 <sup>1)</sup>	4 <sup>1)</sup>	
Loslager	2	0	2	1	2	4	2 <sup>1)</sup>	2	4	0	1	2	2	0	0	0	
schwimmende Lagerung	4	0	0 <sup>4)</sup>	0	3	0	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	
Einstellen eines Lagerspiels	0	j	0	0	0	0	0	0	0	j	j	0	0	j	j	j	
Ausgleich von Schiefstellungen im Betrieb	1	1	0	0	4	1	1	1	0	1	1	4	4	1	0	4	
Ausgleich von Fluchtungsfehlern	1	1	0	0	4	1	1	1	0	1	0	4	4	3 <sup>5)</sup>	0	4	
hohe Drehzahlen	4	3	2	2	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	
hohe Laufgenauigkeit	4	4	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	
hohe Steifigkeit	2	2	2	2	1	3	3	3	3	3	4	3	3	2	3	3	
geringe Reibung	4	3	2	2	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	2	
geräuscharmer Lauf	4	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	
mit Kegelbohrung lieferbar	0	0	0	0	j	j	0	0	0	0	0	j	j	0	0	0	
<b>a</b> Rillenkugellager						<b>g</b> Zylinderrollenlager NJ						<b>n</b> Pendelrollenlager					
<b>b</b> Schrägkugellager, einreihig						<b>h</b> Zylinderrollenlager NUP						<b>o</b> Axial-Rillenkugellager					
<b>c</b> Schrägkugellager, zweireihig, X, O						<b>i</b> Nadellager						<b>p</b> Axial-Zylinderrollenlager					
<b>d</b> Vierpunktlager						<b>k</b> Kegelrollenlager, einreihig						<b>q</b> Axial-Pendelrollenlager					
<b>e</b> Pendelkugellager						<b>l</b> Kegelrollenlager, X, O						<b>X</b> Lagerpaar in X-Anordnung					
<b>f</b> Zylinderrollenlager N, NU						<b>m</b> Tonnenlager						<b>O</b> Lagerpaar in O-Anordnung					
4 sehr gut geeignet						0 nicht geeignet/nein						3) außer bei geteiltem Innenring					
3 gut geeignet						j ja						4) außer zweireihige Schrägkugellager					
2 geeignet/möglich						1) in einer Richtung						5) nur bei kugeligen Gehäusescheiben					
1 weniger geeignet						2) einreihig nur in einer Richtung											



# Wälzlager

---

## keine

- Lager mit kegeliger Bohrung
- ZylinderRollenLager als Festlager (auch nicht NJ,NH, SL...)
- Lager mit geteilte Ringen
- Sonderlager...

## beachten:

- Die erforderliche Passungen bei Punktlast oder Umfangslast sind von Lagertyp und Anwendung abhängig!
- Nehmen die Lager Axialkraft in beiden Richtungen auf oder nur in einer?  
Stimmt die Einbaurichtung?

# Konstruktion

---

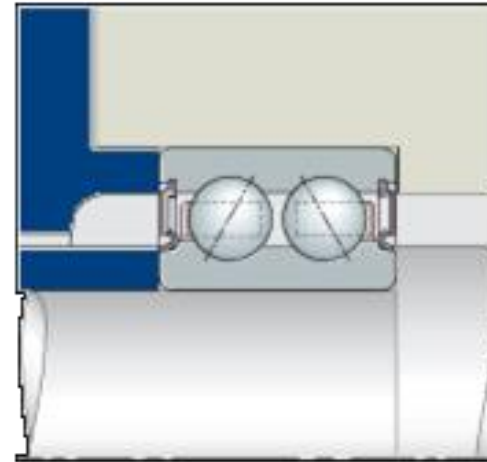
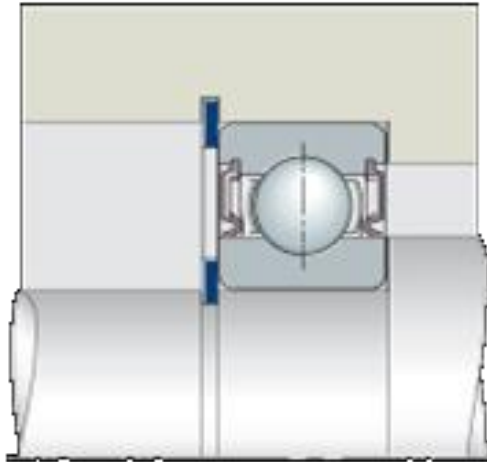
- ↓ Lagerauslegung, -konstruktion
- ↓ Lagerfestlegung
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Gehäuse
- ↓ Schrauben
- ↓ Schmierung
- ↓ Dichtung
- ↓ Abgabe

# Wälzlagerfestlegung

mit Sicherungsring  
DIN 471/472



**beachte:  
Stülpgefahr!  
Abhebedrehzahl!  
(Nachweis  
erforderlich!)**

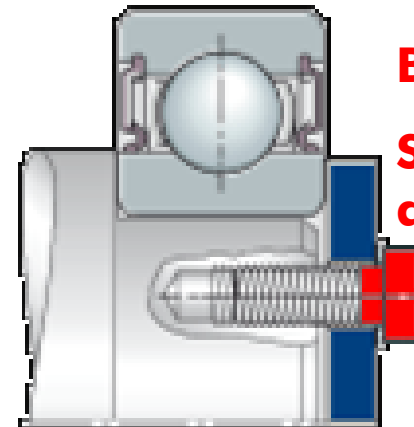
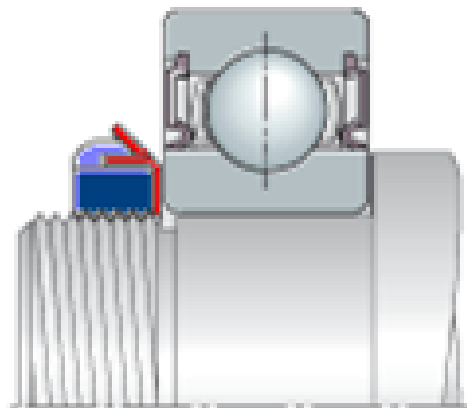


mit Ringen  
und Deckeln,  
Anschluss-  
maße  
DIN5418

**Sicherung  
der NM in  
der  
Zeichnung  
darstellen!**

mit  
Nutmutter  
DIN 981  
und  
Sicherungs-  
blech  
DIN 5406

**Tragfähigkeit  
nachweisen!**



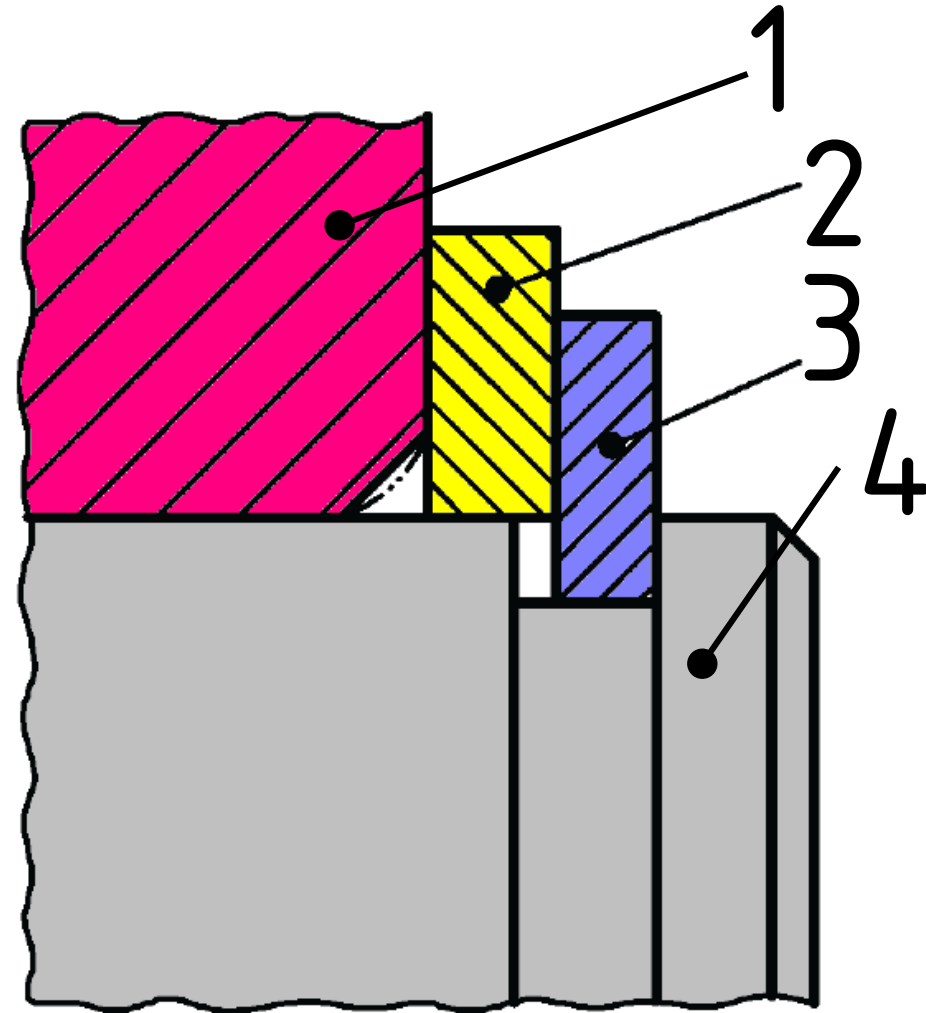
**Beachte:  
Schraubenpaar,  
außermittig!**

Bilder:Schaeffler

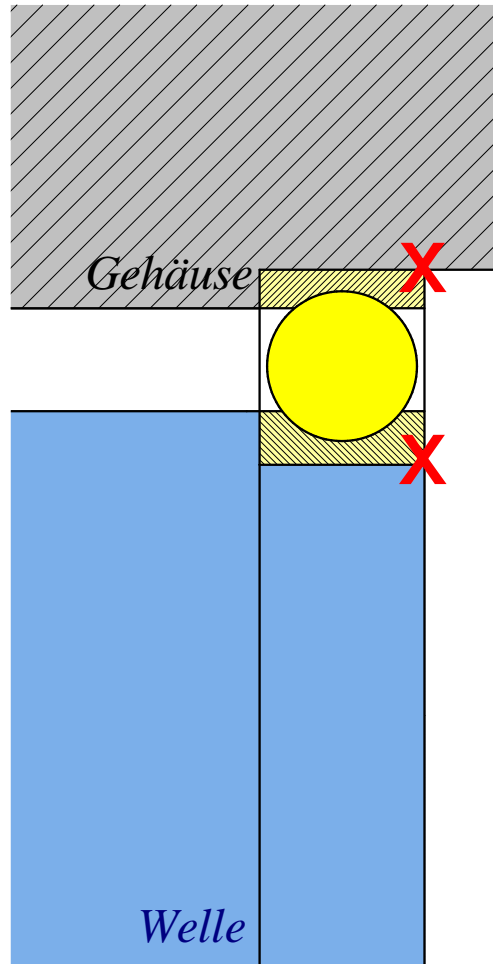
# Sicherungsring und Passscheibe

- Passscheibe bei stärkerer Axialbelastung und nicht voll ausgenutzter Fläche des Sicherungsringes  
(ausreichende Breite erforderlich!)
- Passscheibe zur Verringerung des Axialspiels
  - 1 z.B. Wälzlager
  - 2 Passscheibe (**breit!**)
  - 3 Sicherungsring
  - 4 Welle

**Vorsicht:**  
Bei Sicherungsringen und höherer Drehzahl besteht durch Fliehkraft die Gefahr des Abhebens:  
Zulässige Drehzahl nachweisen!



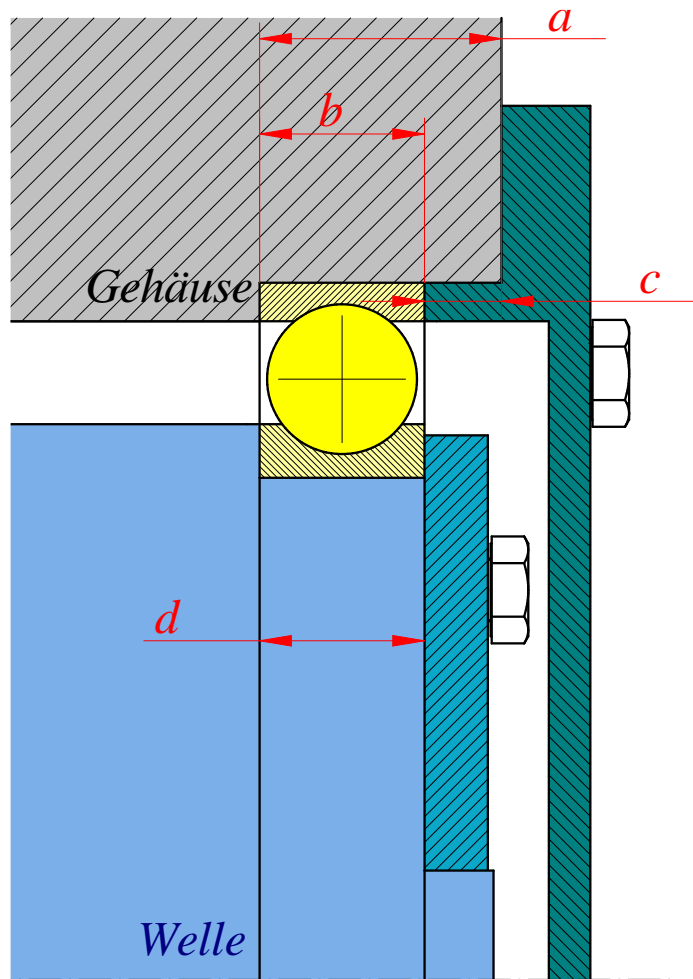
# Doppelpassung - Beispiel



Lager:Außenring soll  
spielfrei festgelegt sein

Lager:Innenring soll  
spielfrei festgelegt sein

# Doppelpassung - Beispiel



$$a=b+c ?$$

$$b=d ?$$

$$a=a_{\text{nenn}} \pm \text{Toleranz}$$

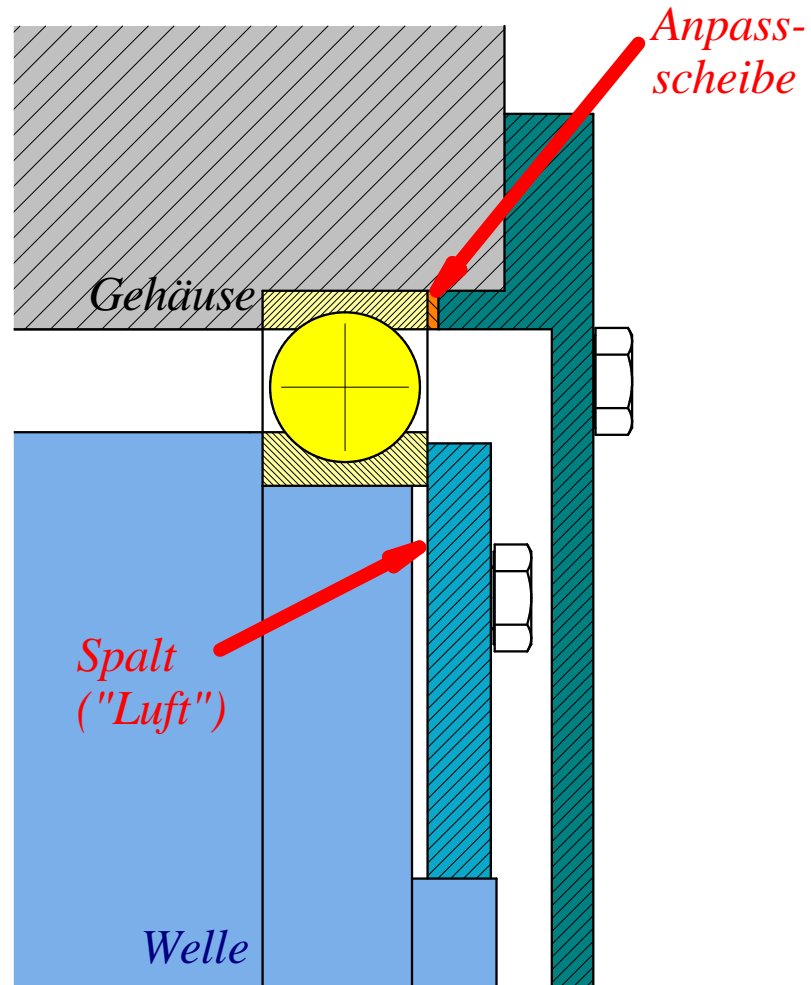
$$b=b_{\text{nenn}} \pm \text{Toleranz}$$

$$c=c_{\text{nenn}} \pm \text{Toleranz}$$

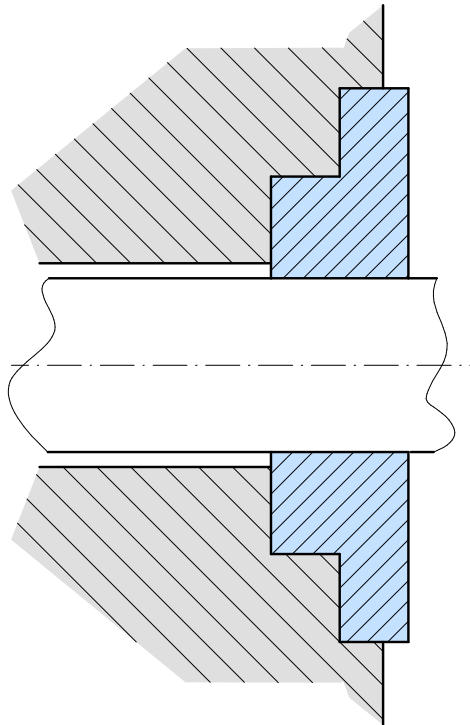
$$d=d_{\text{nenn}} \pm \text{Toleranz}$$

*Ergebnis ?*

# Doppelpassung - Beispiel Lösungsmöglichkeiten



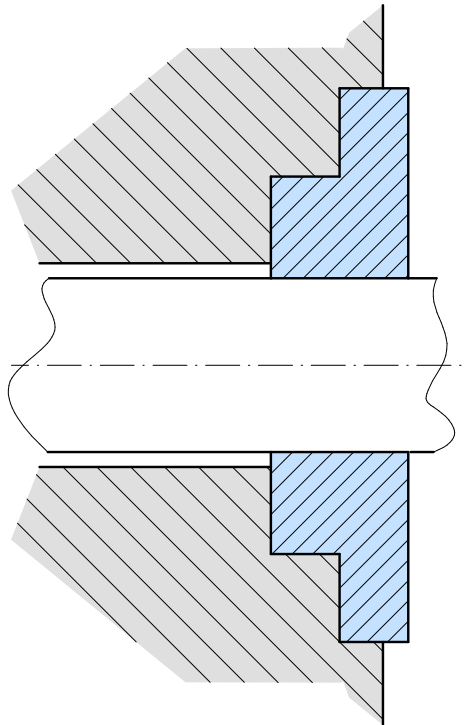
# Doppelpassung Beispiel 2



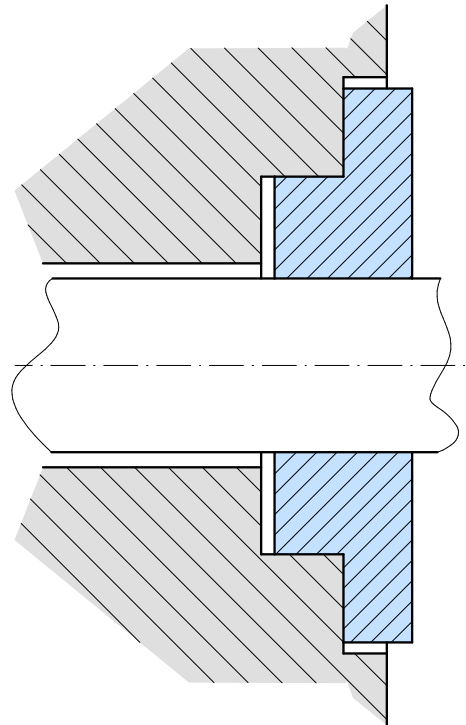
falsch



# Doppelpassung Beispiel 2



falsch



richtig

# Deckel - Bohrung

---

- funktionsgerecht
- fertigungsgerecht
- kostengerecht
- ...

# Konstruktion

---

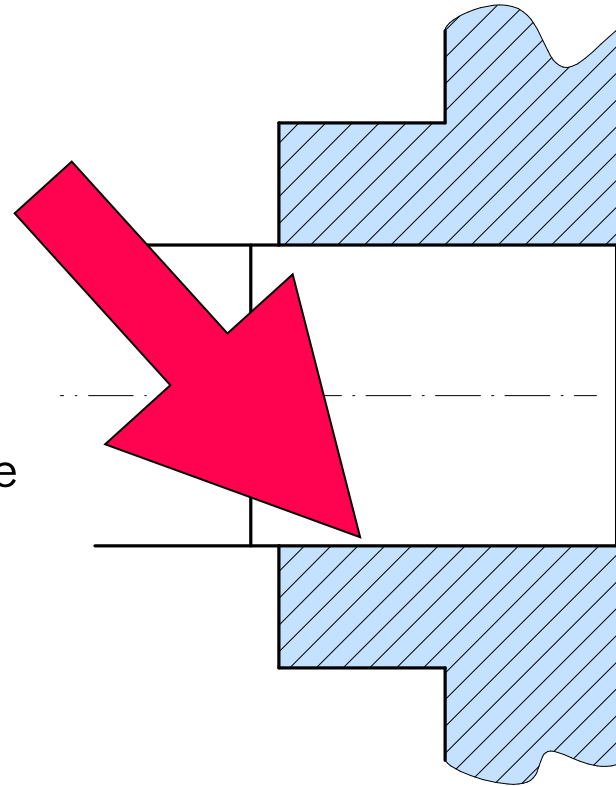
- ↓ Lagerauslegung, -konstruktion
- ↓ Lagerfestlegung
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Gehäuse
- ↓ Schrauben
- ↓ Schmierung
- ↓ Dichtung
- ↓ Abgabe

# Drehmoment übertragende Teile

- Passfeder? (zur Eignung s. RM Bild 12.1,  $l/d$  beachten!)  
Zahnwellen? (z.B. DIN 5480)
- zylindrischer Pressverband (Schrumpfsitz):  
höhere Sicherheit erforderlich wegen z.B. Herstelltoleranzen, Reibwertunsicherheit, ...  
Fliehkrafteinfluss beachten!  
Fügetemperatur < Anlasstemperatur Einsatzstahl (Welle kühlen?)  
Tangentialspannung außen am Außenteil ( $\sigma_{tanAa}$ )?  
(sollte hier bei Zahnrädern <  $100 \text{ N/mm}^2$  sein, Zahnfußsicherheit beachten!)  
Berechnung mit MDESIGN, nicht mit dem Excel-File von RM!  
Zuerst Vorauslegung, dann NACHrechnung (Ausdruck zur Abgabe: nur Nachrechnung!).  
Ergebnis:  $T_{\text{übertragbar}} >! T_{\text{nenn}} \cdot \text{Sicherheit}$   
„Sicherheit“ ggf. von Hand ausrechnen und nachweisen!
- Stirnflächen-Schraubverbindung z.B. RM Bsp.8.3,  
bei sauberer Zentrierung ohne  $F_{Q1}$

# Anschlusssteile

- Welle-Nabe-Verbindung zur Kupplung auslegen, und Tragfähigkeit nachweisen!
- WNV und Kupplungsanschluss darstellen!
- Auswahl einer konkreten Kupplungstypen am Antrieb ist nicht nötig (falls nicht in der Aufgabenstellung gefordert)



# Konstruktion

---

- ↓ Lagerauslegung, -konstruktion
- ↓ Lagerfestlegung
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Gehäuse
- ↓ Schrauben
- ↓ Schmierung
- ↓ Dichtung
- ↓ Abgabe

# Aufgaben des Getriebegehäuses

*Getriebegehäuse werden nach zulässiger Verformung gebaut, nicht nach Festigkeit!*

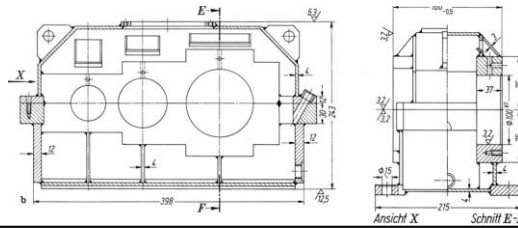
## Funktionen des Gehäuses

- Wellen und Räder bei allen Belastungen genau lagern
- Kräfte und Abstützmomente aufnehmen und weiterleiten
- Zahnräder, Lager und Schmierstoff gegen Staub, Wasser und sonstige Fremdstoffe schützen
- Austreten von Schmierstoff verhindern
- Wärmeabfuhr erleichtern
- Geräuschabstrahlung mindern

# Gehäuse allgemein

## Beispiel

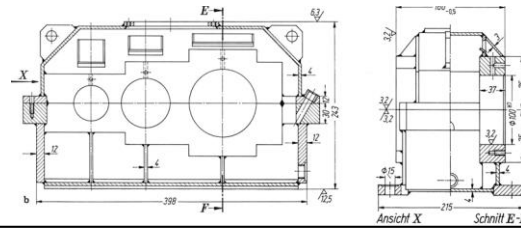
### Standgetriebe



- Die Antriebseinheit muss sich im Wesentlichen selbst tragen
- ⇒ steifes Getriebegehäuse, Unterkasten und teilweise Oberkasten als tragende Konstruktion.
- **Lagerschrauben** so dicht wie möglich an den Lagern anordnen.  
Dimensionierung nach den maximalen Lagerkräften aus der statischen Wellenbelastung.
- Erst bei dieser Belastung sollen die Schrauben die Streckgrenze erreichen.  
Anzugsmoment **70%-80%** der Streckgrenze als Montagevorschrift  
⇒ Tabelle in Zeichnung: Schraubengewindegröße - Anzugsmoment.  
Ausführliche Schraubenberechnung z.B. mit MdesignBolt wird hier nicht gefordert.

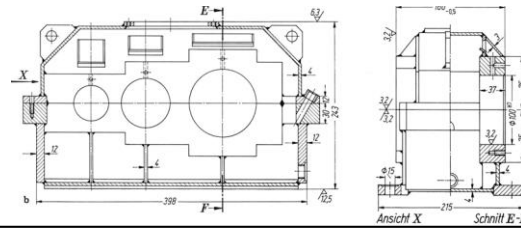


# Gehäuse allgemein



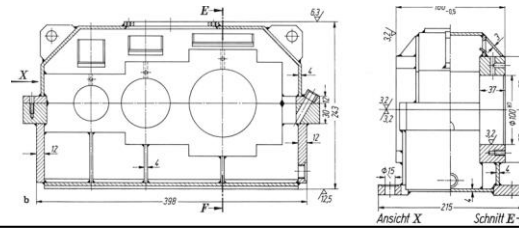
- **Passtifte** kegelig oder zylindrisch zur sicheren Zuordnung von Ober- und Unterkasten, Bohrungen O.k.+U.k. gemeinsam gefertigt  
Mindestens **2** Stück (bei kleinen Getrieben), möglichst weit gegenüberliegend anordnen.  
Stift- $\varnothing$  ca. **0,8**\*Flanschschrauben- $\varnothing$  . Gegen Herausfallen/-wandern sichern!
- **Abdrückgewinde** mit Gewinde im Flansch. Anordnung auf der Schmalseite des Getriebes. Gewinde- $\varnothing \approx$  Flanschschrauben- $\varnothing$ .
- **Oberflansch** ringsum **3 ... 10 mm** überstehen lassen  
⇒ leichteres Abheben ⇒ Verdecken unregelmäßiger Kontur
- **Abstand zwischen Rädern und Gehäusewänden** abhängig von Umfangsgeschwindigkeit.  
Ab  $v_t > 10 \text{ m/s}$  besteht Gefahr, dass Öl nach oben gepumpt wird ⇒ Öl altert schneller, wird evtl. zur Entlüftungsöffnung herausgedrückt, Planschverluste  
⇒ Vermeiden durch Abstände  $1*s_A$  seitlich zwischen Rad-Rad und Rad-Gehäuse, mind.  $2*s_A$  zwischen Kopfkreis der Räder und Getriebeboden  
ab  $v_t > 10 \text{ m/s}$ :  $s_A \approx 2\text{mm} + 3\text{m} + B$ ;  
mit  $B = 0,65\text{mm}(v_t - 25\text{m/s}) \geq 0$ ;

# Gehäuse allgemein



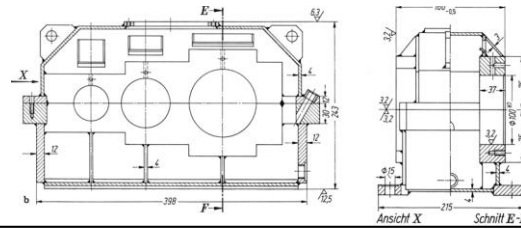
- Ösen oder Nocken am Unterkasten zum Anheben des Gesamtgetriebes. Kleinere Anschlagpunkte zum Anheben des Oberkastens.
- Schaulochdeckel (Metall) zur Inspektion ohne weitergehende Demontage des Getriebes z.B. zur Kontrolle angestellter Lagerungen, Abnahme eines Tragbildes. Größe und Lage so, dass alle Zahneingriffe beobachtet werden können. Schraubensicherungen o.ä. verwenden, damit sie nicht ins Getriebeinnere geraten können.
- Durchgangsschrauben zum Gehäuseinneren wegen Leckage vermeiden.
- Alle Schrauben und Muttern im Getriebeinnern mit Loctite o.ä. (geeignete Sorte, Type in der Zeichnung angegeben!) sichern. Klemmlängenverhältnis  $l > \approx 3d$  beachten!

# Gehäuse allgemein



- Lage der zu bearbeitenden Flächen möglichst in oder parallel zur Hauptbearbeitungsebene. Fertigbearbeitung in einer, max. zwei Aufspannungen. Spannflächen, -möglichkeiten vorsehen.
- Oberflächenqualität
  - Flanschflächen  $R_z = 16..25\mu\text{m}$ ;
  - Lagersitze u. Lagerstirnflächen  $R_z \approx 16\mu\text{m}$
  - Schaulochdeckel, Fußflächen  $R_z \approx 25\mu\text{m}$
- Blechoberfläche ist von geringer Qualität  $\Rightarrow$  Funktionsflächen werden bearbeitet: Aufmaß berücksichtigen!  
Handelsübliche Blechstärken z.B. **5,6,7,8,9,10, 15,18,20,25,28,30,32, 35,40,45,50,...90,95, 100,110,120,...,190,200 mm**, grob toleriert!
- Komponenten eines Diagnosesystems Anschlüsse für Schmierölüberwachung (entfällt hier), für Temperatur- und Lagerkontrolle (Beschleunigungsgeber) vorsehen.

# Gehäuse allgemein Schweißkonstruktion

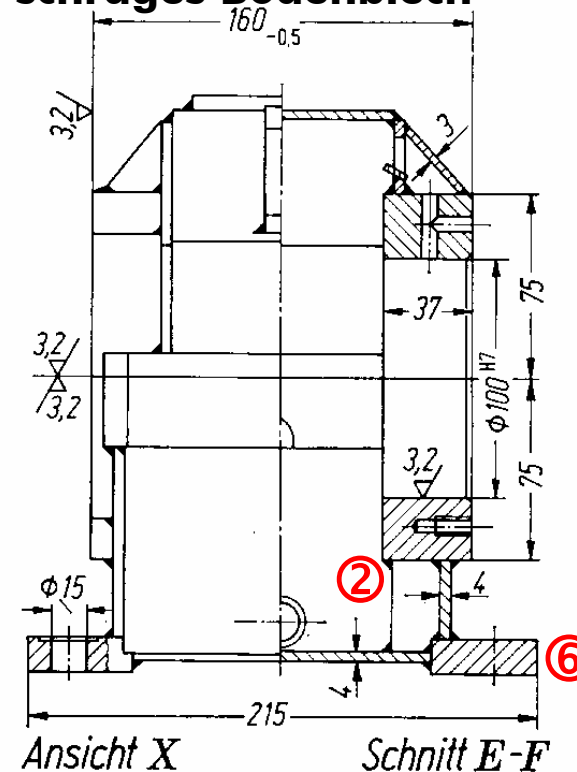
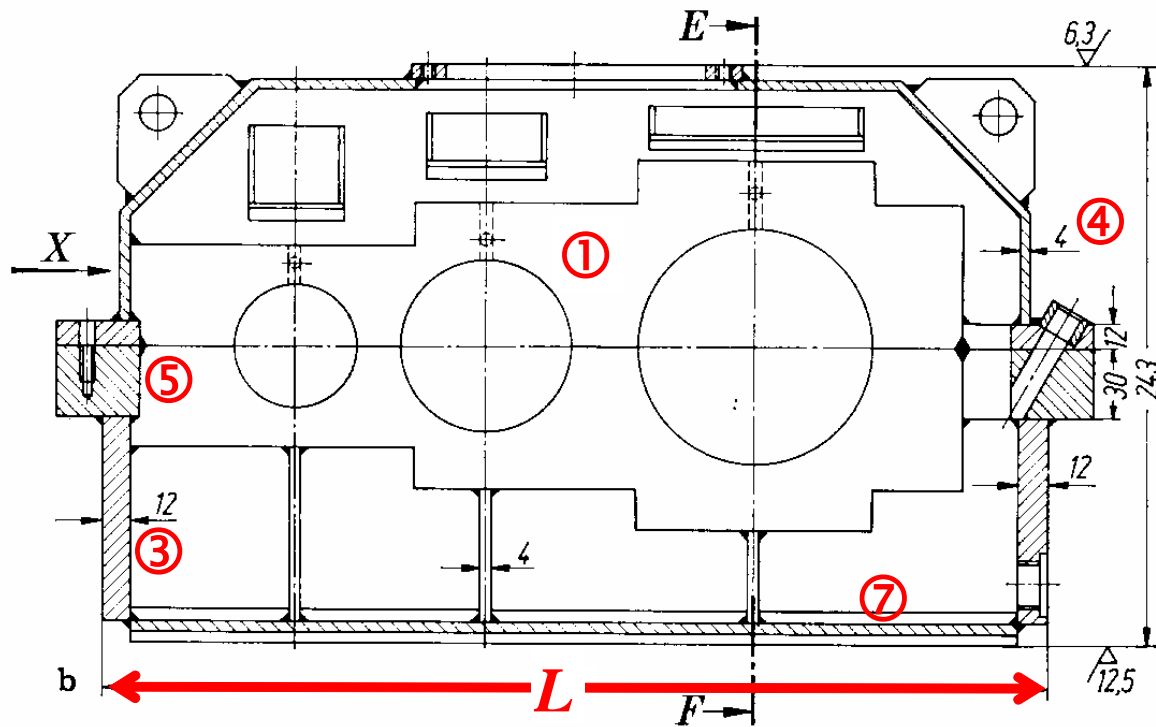


- Schweißsymbole nach DIN EN 22553
- Werkstoff **S235J2G3/G4 (St 37-3)**, für höhere Beanspruchung **S355J2G3/G4 (St 52-3)**
- klotzartige, brenngeschnittene Teile als Lagernaben, Wandstärke nach konstruktivem Bedarf, müssen Lager auf voller Breite und Deckel ggf. mit Dichtring aufnehmen
- bei exzentrischer Krafteinleitung Lagernaben abstützen, verrippen (Flach-, Profilstähle). Gehäusewandstärke außerhalb der Lagernaben klein
- Schmalseite ohne Lagernaben am Unterkasten, große Wandstärke
- steifer Mittelflansch mit Auflageflächen im Bereich der Lager
- starker Unterflansch an der Teilfuge, **30** mm
- Oberkasten leichter gebaut, muss aber mitversteifen!
- große unverrippte Flächen vermeiden (Geräusch, Schwingungen)!
- weitere Wandstärkehinweise: Dubbel, Roloff/Matek, Niemann

# Gehäuse allgemein

(Beispiel: stationäres Getriebe!)

- ① klotzartige, brenngeschnittene Teile als Lagernaben, Wandstärke abh.von Lagerbreite u.Deckel
- ② Lagernaben müssen abgestützt werden (Flach-u.Profilstähle)
- ③ Unterkasten Wandstärke  $t_U$  4mm..25mm abh.von größter Gehäuselänge  $L$  (hier ca 400mm)
- ④ nichttragender Oberkasten
- ⑤ starker Unterflansch an der Teilfuge
- ⑥ Fußflansch überträgt Auflagerkräfte
- ⑦ besser für Ölwechsel: schräges Bodenblech



nach Niemann/Winter: Maschinenelemente Bd.II

# Gehäusedimensionierung – Anhaltswerte (Schweißkonstruktion, gehärtete Verzahnung)

Bauteil	Bez.	Schweißkonstruktion
Wanddicke für Unterkasten minimal ... maximal mittragender Oberkasten, Lagerdeckel nicht mittragende Haube	$w_W$ $w_O$ $w_H$	$0,005 * L + 4 \text{ mm}$ 4 mm ... 25 mm $0,8 * w_W$ $0,5 * w_W$
Versteifungs- und Kühlrippen	$w_R$	$0,7 \dots 1 * w$ der zu versteifenden Teile
Flanschdicke Flanschbreite (vorstehender Teil)	$w_F$ $w_B$	$2 * w_W$ $4 * w_W + 10 \text{ mm}$
durchgehende Fußleiste mit Ausnehmung durchgehende Fußleiste ohne Ausnehmng. durchgehende Quer-Fußleiste Breite der Fußleiste (vorstehender Teil)	$w_L$ $w_Q$ $b_L$	$5 * w_W$ $3,5 * w_W$ $1,5 * w_W$ $4,5 * w_W + 15 \text{ mm}$
Außendurchmesser der Lagergehäuse	$D_G$	$1,2 * d_{ALager}$
Lagerschraubendurchmesser Flanschschraubendurchmesser Abstand der Flanschschrauben Fundamentschrauben Schaulochdeckelschrauben	$d_S$ $d_F$ $L_F$ $d_U$ $d_D$	$3 * w_W$ $1,5 * w_W$ $6 \dots 10 * d_F$ $1,6 * w_W$ $1 * w_W$
bei Forderung nach niedrigem Getriebegeräusch größere Wandstärken. Lagerschrauben möglichst dicht am Lager. Verteilung der Teilfugenschrauben für gleichmäßige Pressung (Dichtigkeit!)		

nach Niemann/Winter: Maschinenelemente Bd.II

# bearbeitet - unbearbeitet



Darstellung in der Zeichnung:



sichtbarer Absatz, unbemaßt.  
Entsprechend auch bei Rundungen.  
Freistich?

\*z.B. Schraubenkopfauflage, Dichtfläche, Lagersitz

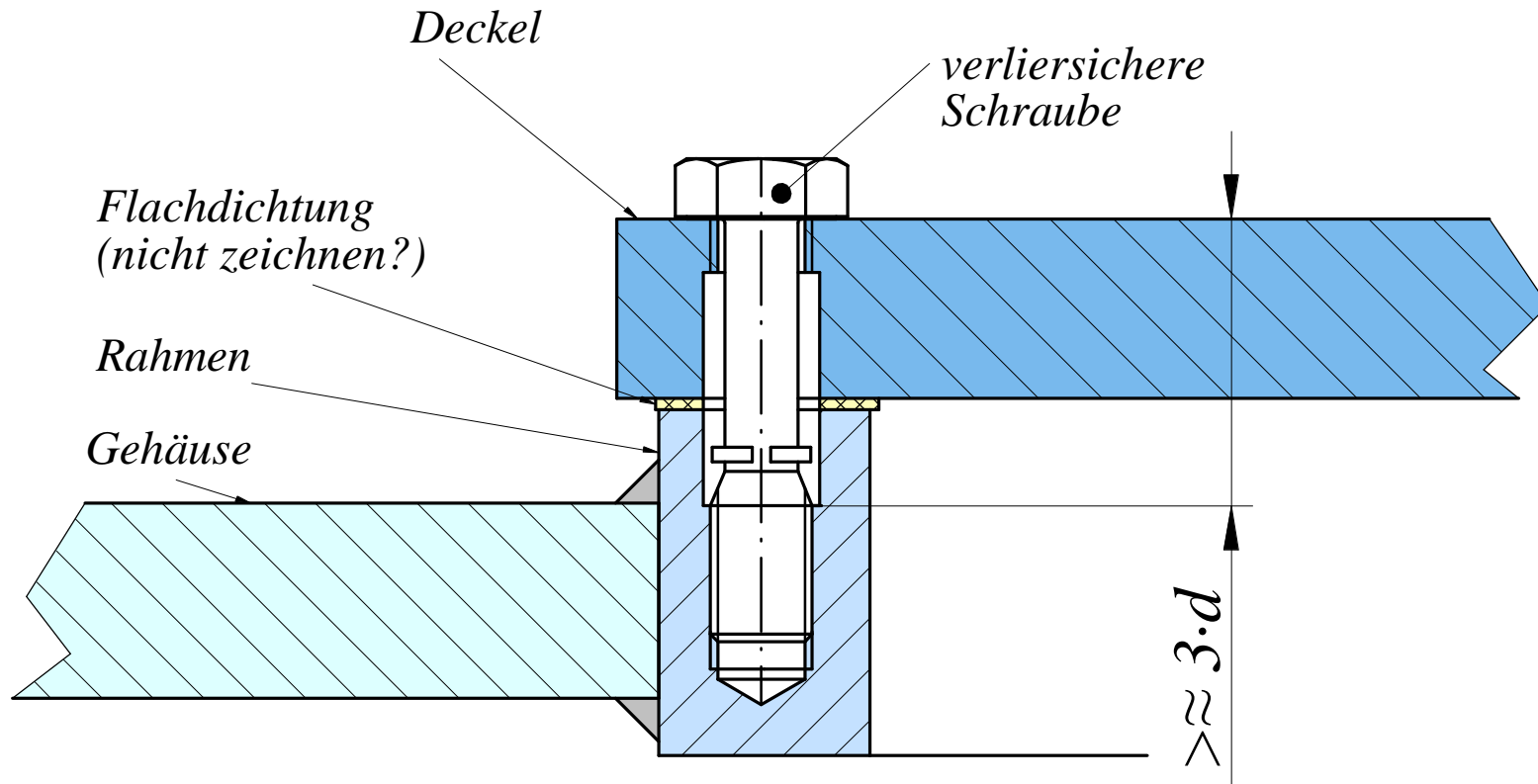
# Konstruktion

---

- ↓ Lagerauslegung, -konstruktion
- ↓ Lagerfestlegung
- ↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- ↓ Gehäuse
- ↓ Schrauben
- ↓ Schmierung
- ↓ Dichtung
- ↓ Abgabe



# Beispiel Schaulochdeckel



# verliersichere Schraube

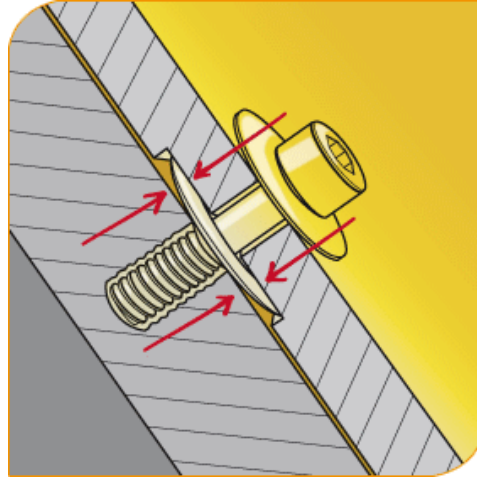
→ DIN 6929

oder z.B.

→ "Savetix"

→ "ScrewClip"

Unverlierbarkeitscheiben



# Konstruktion

---

↓ Lagerauslegung, -konstruktion

↓ Lagerfestlegung

↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV

↓ Gehäuse

↓ Schrauben

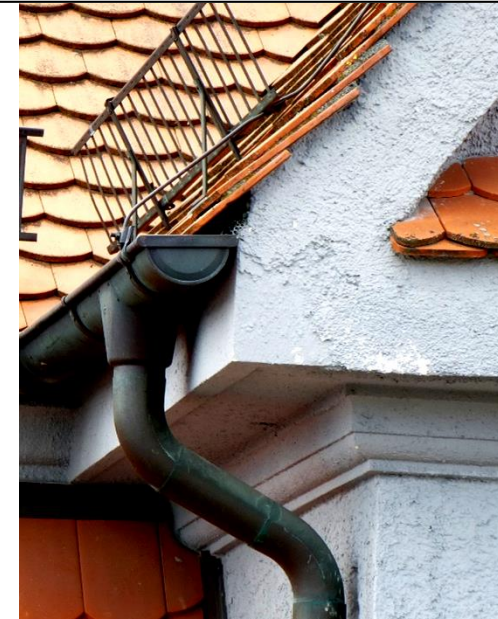
↓ Schmierung

↓ Dichtung

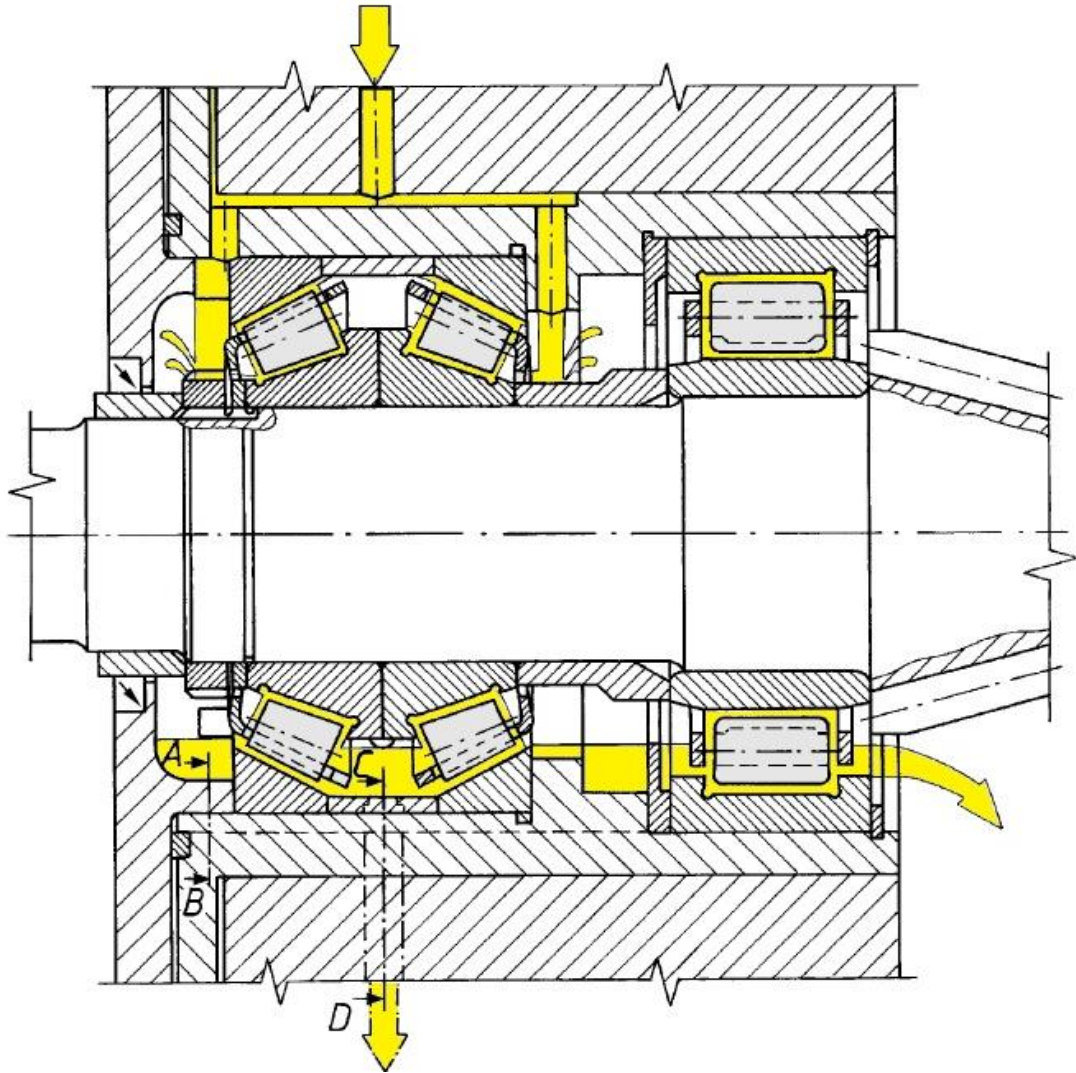
↓ Abgabe

# Gehäuse – Schmierung

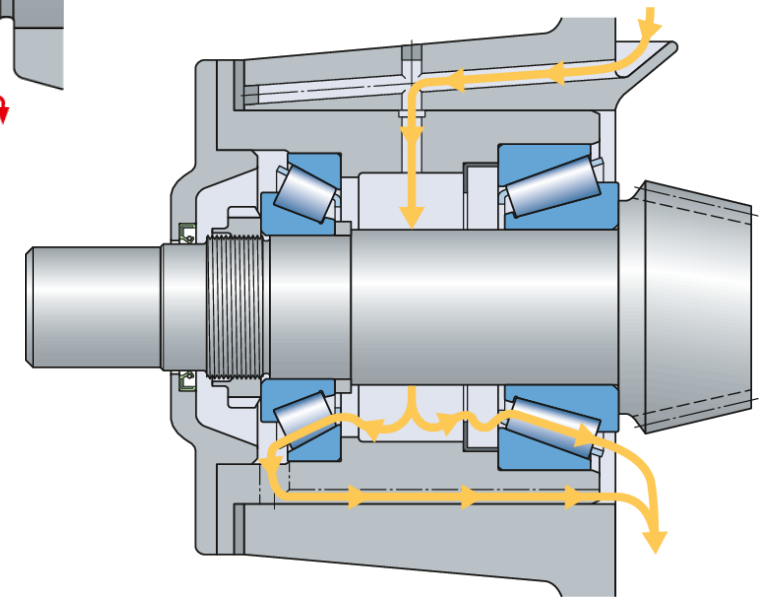
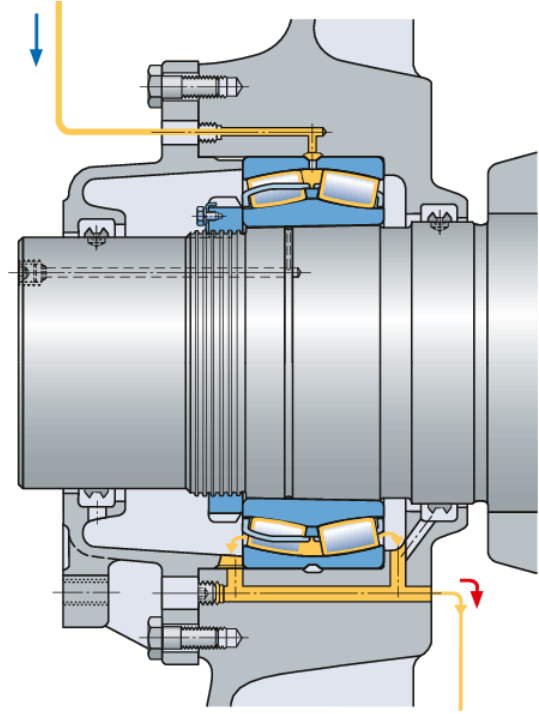
- 🔹 **Ölstand** Eintauchtiefe bei stillstehenden Zahnrädern ca. **6·m**.  
Zu hoher Ölstand: Planschverluste. Abhilfe: Abschirmbleche.
- 🔹 Ölkanäle, Fangrinnen, Leitkanäle, Bohrungen
- 🔹 Schmierung der oberhalb des Ölstands liegenden Lager oder Zahnräder durch Spritzöl ist nach Fa. **Shell** nur gesichert, wenn  $(v[\text{m/s}])^2/d[\text{m}] \geq 5$ ;  
andernfalls Versorgung z.B. über Abstreifer möglich
- 🔹 **Ölmenge 5...10l** pro Verlust-**kW**, Verlustleistung **etwa 2%** der Nennleistung ansetzen.
- 🔹 Dauernder Ölstand im Wälzlager für Mindestschmierung nach Stillstand: Bleche, Haltekragen etc.
- 🔹 **Wahl der Viskosität** (hier vorgegeben) z.B. nach **Dubbel**
- 🔹 Ölstände in Entwurf einzeichnen!



# Schmierung Lager - Beispiele

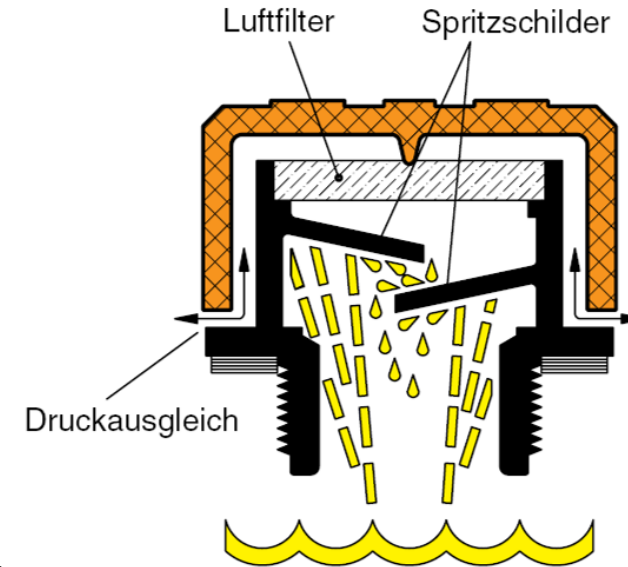


Quelle: SKF, RM



# Schmierung

- 🔹 Ölstandsanzeige durch Schauglas
- 🔹 Entlüftung, Öleinlass mit Ölmesstab kombiniert, (Firmen-)Normteile verwenden!  
An „ruhige“ Stelle (oben) platzieren!
- 🔹 Ölabblass mit Magnet zur Aufnahme magnetischer Verschleißteile, erhöht Lebensdauer der Zahnflanke und der Lager. (Firmen-)Normteile verwenden!



z.B.

<http://www.ganter-griff.net>

<http://www.maedler.de>

<http://www.halder.de>

<http://www.norelem.de>

<http://www.kipp.com>

oder ...

# Konstruktion

---

↓ Lagerauslegung, -konstruktion

↓ Lagerfestlegung

↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV

↓ Gehäuse

↓ Schrauben

↓ Schmierung

↓ Dichtung

↓ Abgabe

# Gehäuseabdichtung

Trennfugen zwischen den Gehäuseteilen mit elastischer Dichtmasse. Gleichmäßige Flanschpressung durch gute Schraubenverteilung anstreben (RM, B19-12).

Lagerdeckelabdichtung mit Flachdichtung oder elastischer Dichtmasse (billig, üblich). Wenn Wert auf Zugänglichkeit zur Lagerinspektion gelegt wird  $\Rightarrow$  O-Ringe

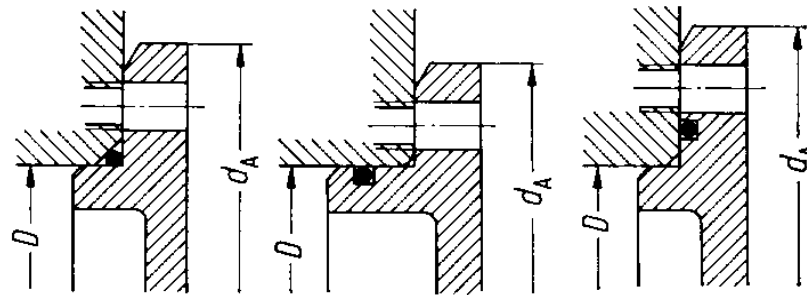
**Links:** O-Ringabdichtung in der Anfasung.

Billig, Anfasung relativ ungenau  $\Rightarrow$  Pressung auf O-Ring unsicher.

**Mitte:** O-Ring im Zentrierbund. Rechteckige Nut,  $d_A \downarrow$ , aber aufwändiger, langer Zentrierbund. Gehäusekante gut abrunden, sonst Verletzung des Rings.

**Rechts:** Sichere, aufwändige Lösung. Nur möglich, wenn keine Doppelpassung entsteht,  $d_A \uparrow$

(Quelle: Niemann ME II).

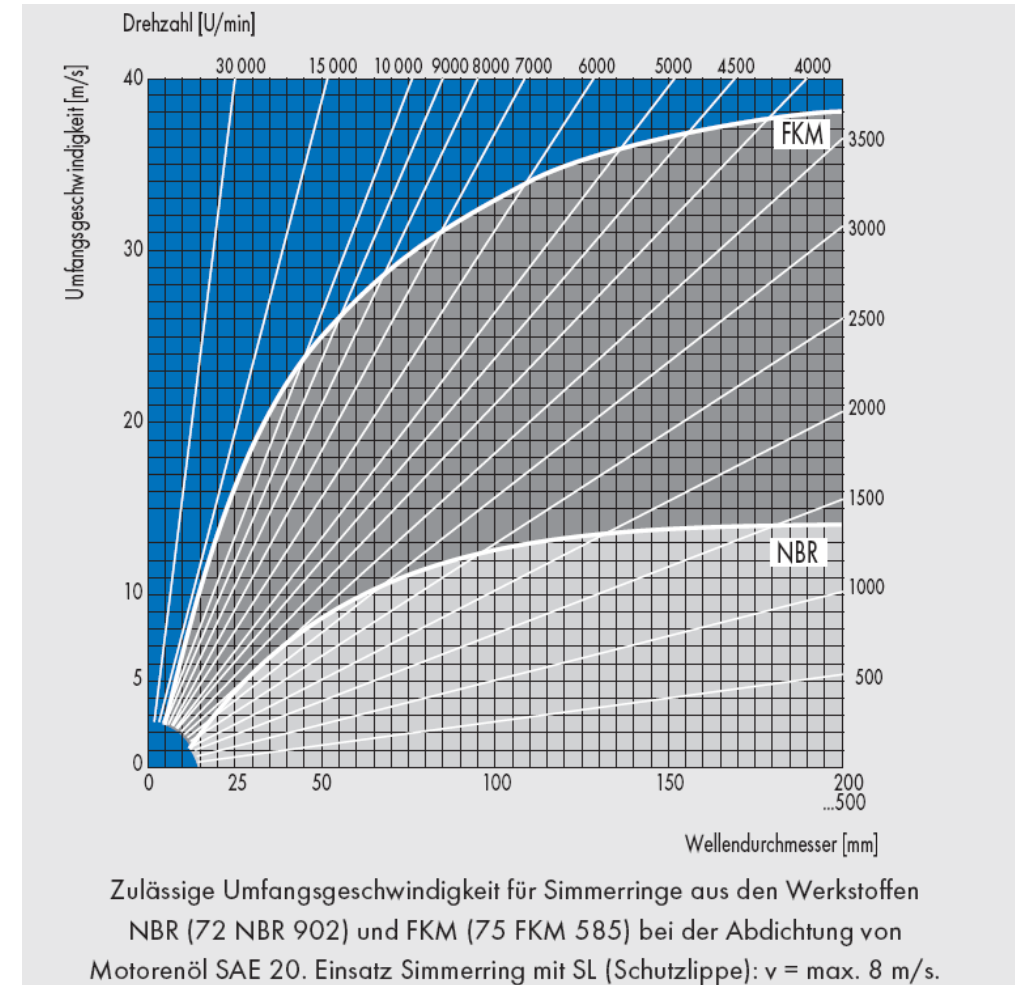




# Wellenabdichtung - berührend

## Radialwellendichtring:

- Begrenzte Lebensdauer. Drehzahlgrenzen beachten und **nachweisen!**
- Gestaltung der Welle (Oberflächenhärte, Bearbeitungsstruktur...)
- Montage (Schrägen, Radien)
- Axial-, Radialbewegungen?
- Verschmutzung von außen?



Quelle: SIMRIT

# Radialwellendichtring: Wellengestaltung

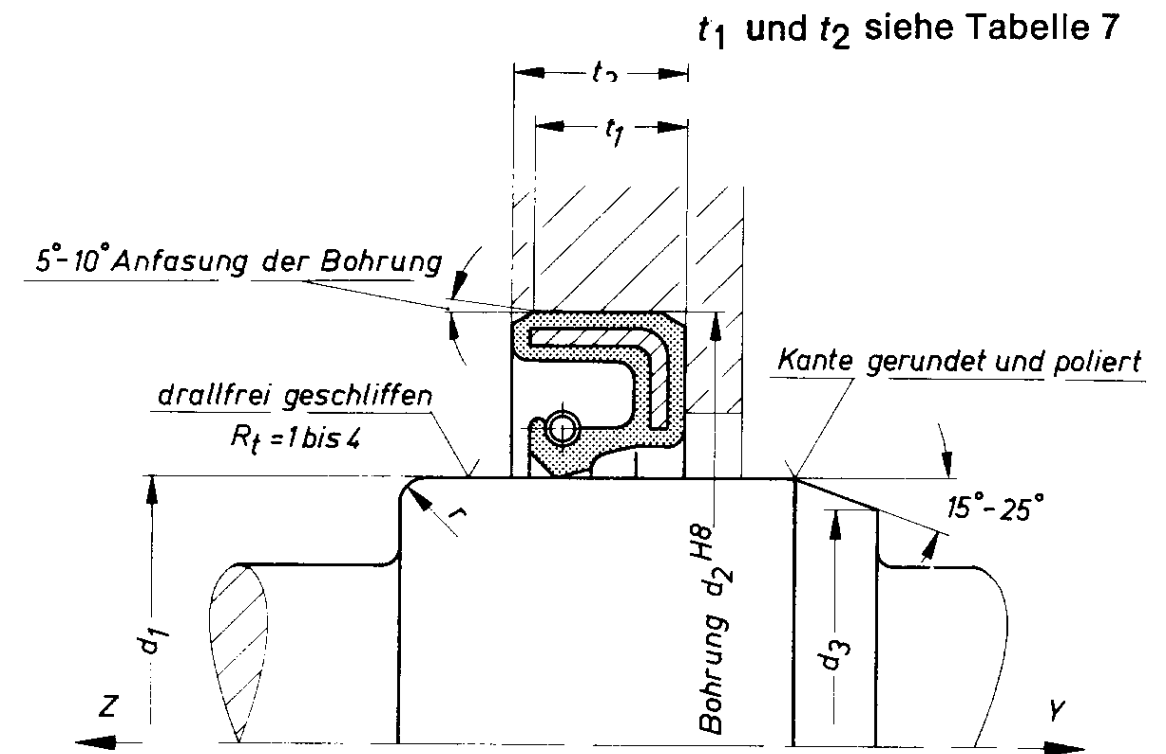
- Oberflächenhärte **>45 HRC** (Vergütung erreicht **400 HV  $\approx$  42 HRC**).  
Bei Zutritt verschmutzter Medien, Schmutz von außen oder **Umfangsgeschwindigkeiten  $> 4\text{m/s}$**   
**mind. 55 HRC (Härtetiefe  $> 0,3\text{ mm}$ )**  
 $\Rightarrow$  **Nitrieren** (weiße Schicht glätten) oder  $\Rightarrow$  **Einsatzhärten**  
(in Zeichnung angeben!)
- Wellendurchmesser im Bereich der **Lauffläche**  
ISO-Toleranzfeld **h11** (in Zeichnung angeben!), Rundheit **IT8**
- Welle im Laufflächenbereich  **$R_z = 1...4\ \mu\text{m}$**  (in Zeichnung angeben!)
- Die Bearbeitung der Welle darf im Laufflächenbereich keine Drall-orientierung haben, die durch Förderwirkung Undichtigkeit ergäbe  
(**drallfrei geschliffen**  $\Rightarrow$  Schleifen ohne axialen Vorschub der Schleifscheibe - **Einstichschliff**, alternativ auch **Glatwalzen**) (in Zeichnung angeben!)

# Radialwellendichtring: Wellengestaltung

- **Kratzer, Druckstellen, Rost** oder andere **Beschädigungen der Wellenoberfläche** an der Laufstelle des Radial-Wellendichtringes führen zur **Leckage**
  - ⇒ größte Sorgfalt bei Schutz der Welle von Fertigung bis Montage
  - ⇒ Abdeckung und entsprechende Transportvorrichtungen.
- Die Dichtlippe darf beim **Einbau** nicht beschädigt werden, Durchmesserunterschied zu Lagersitzen, Passfedernuten, Zahnwellen ... vermeidet Montageschäden
- Der Dichtring ist im **Lagerdeckel** sauber zentriert, der Deckel ist im Gehäuse sauber zentriert.  
Die axiale Befestigung durch mehrere Schrauben wird beispielhaft in einem Ausbruch dargestellt.  
Deckel ohne Dichtung oder Lageraufnahme müssen nicht zentriert sein.

# Radialwellendichtring: Bohrungsgestaltung

- Wellendichtringe müssen **zentrisch und senkrecht zur Welle** eingebaut sein. Sie dürfen in Achsrichtung nicht verspannt werden und auch **nicht zur Übertragung von Kräften** benutzt werden
- $R_z \leq 16 \mu\text{m}$  ( $\sim R_a \leq 4 \mu\text{m}$ )
- ISO-Toleranz **H8**
- Zur Montage Bohrung anfasen
- Einbaulage richtig zeichnen!



Quelle: DIN 3760 April 1972

# Alternative: Wellenabdichtung - berührungslos

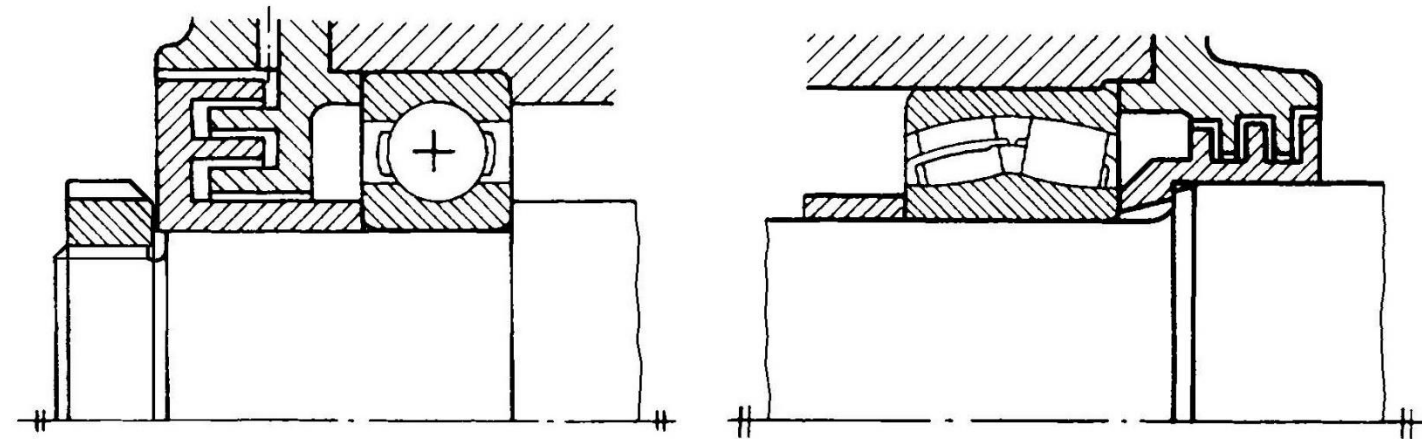
- 😊 verschleißfrei
- 😊 Dichtwirkung weitgehend werkstoffunabhängig
- 😊 gut geeignet bei hohen Drehzahlen
- 😞 nicht bei hohem Ölstand

## Funktionsprinzip:

Flüssigkeit

- 🔴 abschirmen
- 🔴 abweisen
- 🔴 abschleudern
- 🔴 auffangen
- 🔴 abführen

⇒ <http://www.fachwissen-dichtungstechnik.de>



zusätzlich: Rücklauf des abgeschleuderten Öls, Dichtung (O-Ring) an den Innenteilen !  
rechts: radial geteiltes Außenteil  
(RM B19-30)

# Hubwerkgetriebe

## Forderungen an den Antrieb

- geringe Lärmbelästigung / Geräuschentwicklung
  - ⇒ **Schrägverzahnung (Sprungüberdeckung!)**  
(bei Var. A nur 1. Stufe)
- hohe Wirtschaftlichkeit
  - ⇒ **wartungsarm: hohe Lagerlebensdauer (20.000h)**
- geringe Massen
  - ⇒ **Leichtbau**      ⇒ **einsatzgehärtete Verzahnungen**
  - ⇒ **preisgünstige Gehäuse** in der Serie Guss (Bild)  
hier z.B. als Prototyp  
Stahl-Schweißkonstruktion - eigenständige Lösung

# Hubwerkgetriebe

---

## Anschluss zum Motor

in der Regel über eine elastische Kupplung

⇒ Wellenende nach Norm (Hoischen, ***b/d?*** )

Passfedernut, Tragfähigkeit nachweisen! (die Kupplung ist nicht zu zeichnen!)

## Trommellager

Fettschmierung

Filzringdichtung (Norm, RM Bild 19.20)

## Abtrieb

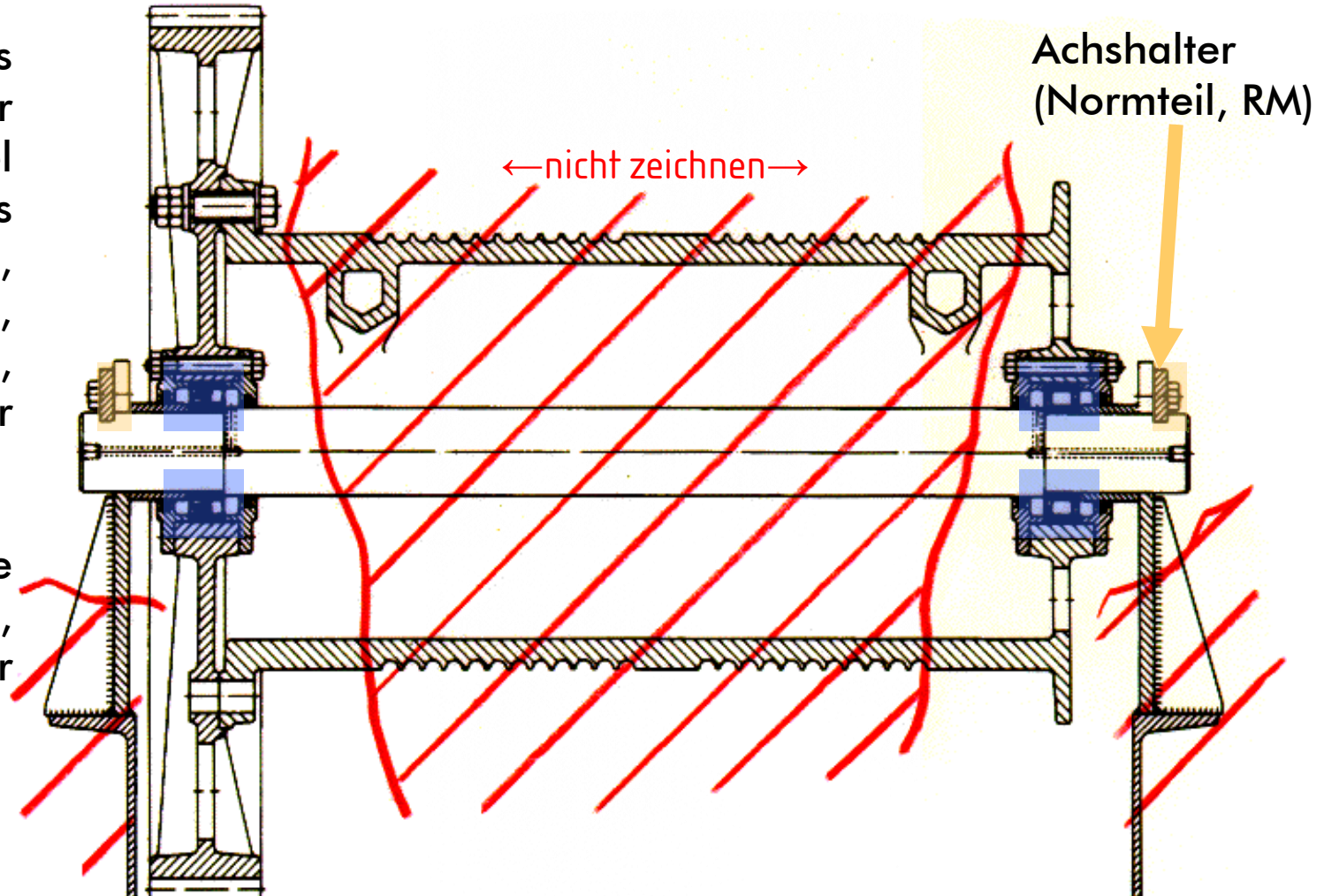
Nachweis der Drehmomentübertragung an die Seiltrommel mit Schraubverbindung ähnlich RM Bsp. 8.3, gute Zentrierung Rad/Trommel vorsehen, dort werden dann auch Querkräfte aufgenommen.

# Hubwerkgetriebe

## Var. A: Lagerung Seiltrommel

**Zeigen:** Konstruktion des Rades und Verbindung zur Trommel (Übertragen des Drehmomentes!), Lagerung der Trommel, Achse, Auflager

**Nicht zeigen:** vollständige Trommel, Anschluss Auflager



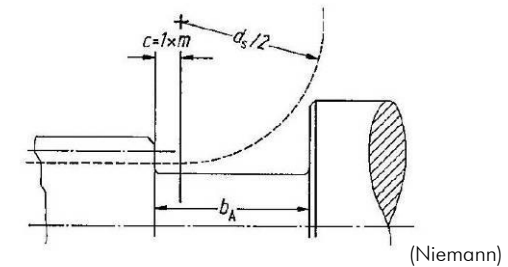


# Hubwerkgetriebe

## Var. A

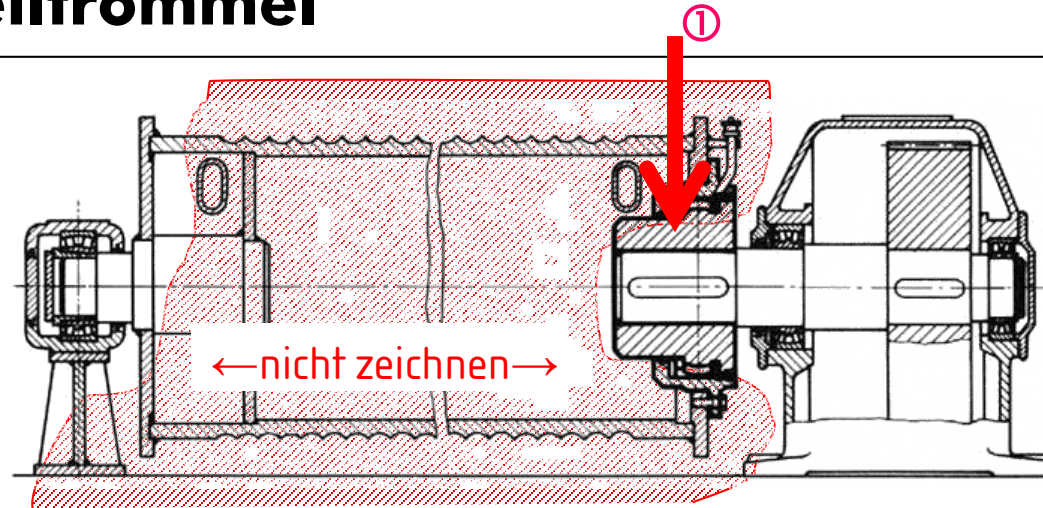
mögliche Varianten Ritzel und Lagerung Abtriebsstufe:

- Ritzel fest auf Welle
  - Lagerbohrung und Dichtung größer als Kopfkreis Ritzel (beachte nötigen Abstand der Dichtflächen zum Ritzel. Bei der Herstellung der Zähne werden Fräser und Schleifscheiben mit Durchmesser  $d_s$  ca.  $20 \cdot m$  verwendet
    - ⇒ axialen Freigang  $b_A$  vorsehen!
  - Lager auf geteilter Hülse?
- Ritzel mit Welle-Nabe-Verbindung:
  - ⇒ Demontage des Ritzels bei Lagerwechsel nötig.



# Hubwerkgetriebe Var. B: Verbindung Getriebe-Seiltrommel

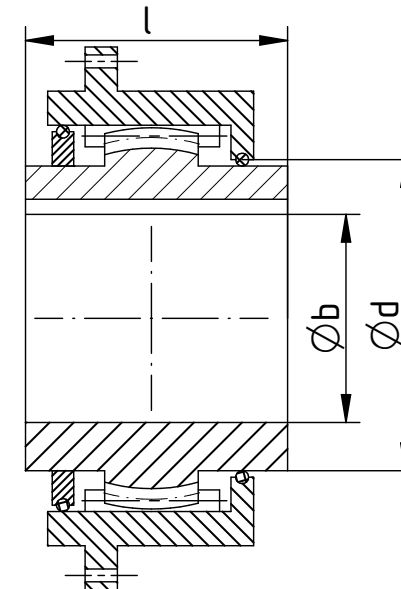
**Bogenzahn gelenk-kupplung**  
überträgt Drehmoment, Querkraft,  
kein Biegemoment,  
ermöglicht Verlagerungen.



Nur das Kupplungsinnenteil (Ausbruch)  
zeichnen und als Text erwähnen, z.B.:  
"Anschluss für Kupplung FS xxx", (Maße  
prüfen!)

① Zusätzliche Lagerlast aus Seilkraft  
beachten!

② Leistung  $P_{KN}$  ist hier ca.  $1,5 \cdot P_{nenn}$



Quelle: RENK

Kuppl. TYP, Größe	Normaler Dauerbetrieb $P_{KN}/n$ ②	Zul. Querlast		l	d
		Bohrung b min	Bohrung b max		
FS 45	0,34	8,0	22	90	75
FS 60	0,65	15,0	22	100	95
FS 75	1,30	22,0	32	100	135
FS 85	1,30	22,0	32	110	135
FS 95	1,58	25,0	42	125	150
FS 100	1,84	31,0	42	130	170
FS 110	2,52	38,0	52	145	190
FS 130	3,28	44,0	52	170	220
FS 140	4,52	58,0	82	185	245
FS 170	7,30	80,0	82	220	290
FS 185	9,40	115,0	82	240	320
FS 200	12,50	125,0	82	260	350
FS 240	21,00	180,0	112	315	410
FS 255	32,50	250,0	112	330	440
FS 270	32,50	250,0	112	350	440
FS 300	41,90	300,0	152	380	470
FS 330	52,40	340,0	152	410	536

# Konstruktion

---

↓ Lagerauslegung, -konstruktion

↓ Lagerfestlegung

↓ Welle-Nabe-Verbindungen WNV

↓ Gehäuse

↓ Schrauben

↓ Schmierung

↓ Dichtung

↓ Abgabe, Dokumentation

# Testat "Entwurf"

bei Ihrem Entwurfsbetreuer

- 📌 Berechnung aller Lager und Wellen, alle Unterlagen mitbringen!
- 📌 Vollständiger Entwurf (Schnitt in der Wellenachsenebe, wie gezeigt)  
der Gesamtkonstruktion in CAD erstellt (Räder, Lager, Lagerfestlegung, WNV, Wellen, Dichtungen, Gehäuseteile nur in Achsebenen, Schmierung)  
Plot in für Details ausreichender Größe (A1, A2?).  
Zeichnungsplot, kein Screenshot!
- 📌 **Im Testat kann nur besprochen werden, was Sie vorzeigen!**
- 📌 Termine und Koordination mit anderen Veranstaltungen eigenverantwortlich!
- 📌 Zeitplan! (Projektmanagement)



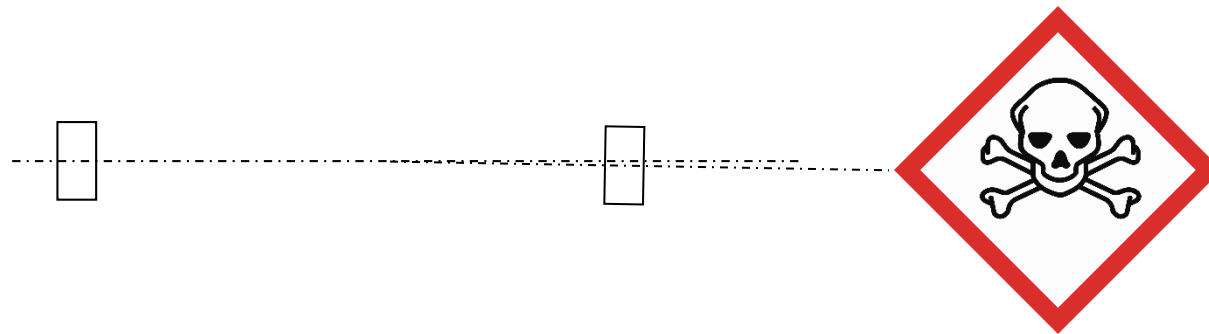
# Checkliste zum Testat "Entwurf"

---

- ◆ Sind alle Wellen axial und radial gelagert?
- ◆ Sind alle Lagerungen axial und radial im Gehäuse festgelegt?
- ◆ Werden die Kräfte sauber ins Gehäuse eingeleitet?
- ◆ Sind alle nach außen reichenden Wellen abgedichtet?
- ◆ Ausreichend Abstand zwischen drehenden und nichtdrehenden Teilen?

# CAD

- Creo Academic/ Creo Student?
- Kaufteile- Download?
- Konfiguration von Anfang an richtig! (Config-Datei?)
- Ordnerstruktur, Dateibenennung
- Welche Teile vollparametrisch, welche nicht?
- Darstellung Zahnräder (Hoischen, DIN ISO 2203)
  
- Teile sauber positionieren!



# CAD- Tutorium

---

Termin, Ort: folgt

# Abgabe

---

- Hinweise in *moodle* beachten
- **nachvollziehbar**  
(für Kollegen, Chef, Kunden, Prüfstelle, Versicherung, ..., sich selbst.  
hier: für den Korrigierenden/ Betreuer)
- **sauber** (lesbar, sortiert, beschriftet...)
- **vollständig** (Checkliste machen !)



# Abgabe Berechnung

---

- zu jeder Berechnung gehören die Eingabedaten
- auf jedes Blatt gehört
  - Projektname
  - Bezeichnung des berechneten Teils
  - Name des Verfassers

am besten schon im Datensatz und damit automatisch in jeder Ausdruck-Datei!

# Abgabe

## Wellenberechnung

---

Wellennachrechnung für alle Wellen:

- isometrischer Kräfteplan mit Angabe der
  - Hauptdrehrichtungen,
  - Schrägungsrichtungen der Verzahnung,
  - Verzahnungskräfte,
  - Koordinatensysteme der Wellennachrechnung
- Kräfte-, Momententabelle (bei Nennmoment, bei Bezugsmoment, Kraftangriffsradius, Lagerkräfte...)
- Im MDESIGN-Ausdruck: Hauptwerte farblich markiert.  
Lt. Vorbesprechung ohne Beanspruchungsart, Smith Diagramm, 3D-Darstellung, ... Kerbstellen, Wöhlerlinie etc.;  
aber: mit Ausdruck der Querkraftverläufe in x-y- und x-z-Ebene

# Abgabe Wellenberechnung

---

- Belastungsart für Biegung, Torsion und Zug-Druck überlegen!
- Lastfall:  
Auswahl begründen!
- Geforderte Sicherheiten:  
Auswahl begründen!

# Abgabe weitere Berechnungen

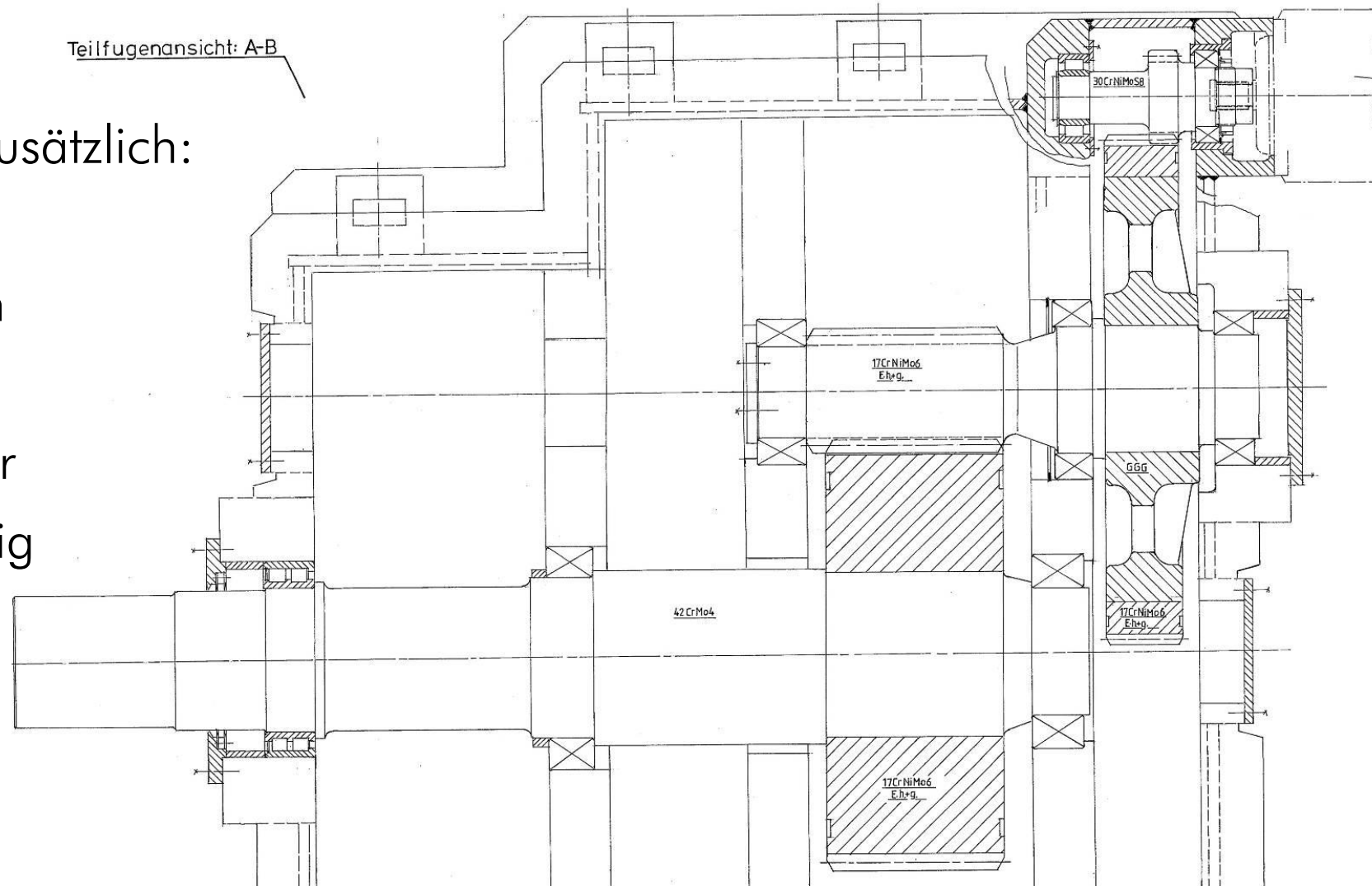
- Berechnung der Lagerlebensdauer  $L_{h10}$   
bezüglich Nennlast  
ggf. mit *Excel*, *Mathcad (express)*, „von Hand“, Internet (Lagerhersteller), evtl. *Mdesign*  
Übersichtstabelle
- weitere Berechnung laut Abgabebumfang  
(z.B. Drehmoment übertragende Teile, Schrauben, Ölhaushalt, ....), ggf. in  
Abstimmung mit Ihrem Betreuer
- Schrumpfsitz: übertragbares Moment unter Fliehkraft  
vergleichen mit Nennmoment!
- Merkblatt Abgabebumfang

# Konstruktion Prüfen

- ▶ Kollision von Teilen drehend – stehend ausgeschlossen?
- ▶ Wellengestaltung, Radien beachtet?
- ▶ Zentrierung vorhanden?
- ▶ Doppelpassung vermieden?
- ▶ Dichtheit sichergestellt?
- ▶ Deckel zur axialen Lagerfestlegung angepasst?
- ▶ Loslager axial frei?
- ▶ Lagerpassungen (Innenring, Außenring) angegeben?
- ▶ RWD: Radien, harte Oberfläche etc.  
O-Ring unter Hülse beachtet?

# Entwurfszeichnung (Beispiel)

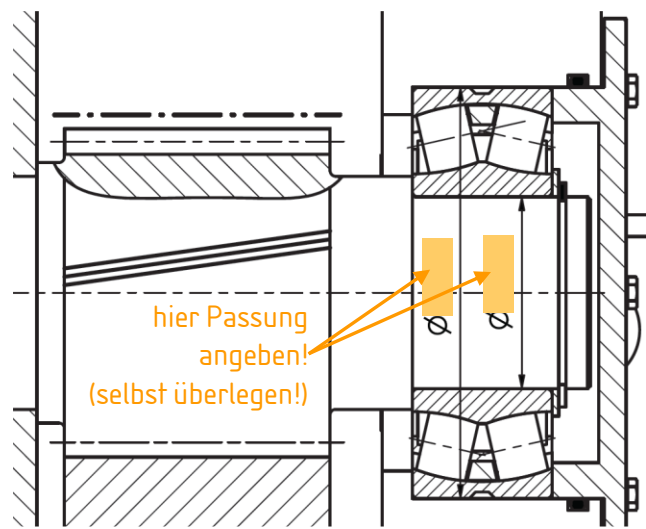
bei uns zusätzlich:  
mit  
wichtigen  
Maßen,  
alle Lager  
vollständig



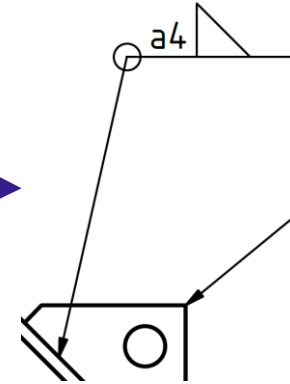
keine  
Einzelteilzeichnungen,  
Rauheits- und  
Toleranzangaben im  
Entwurf nur an  
wichtigen  
Funktionsflächen!

# Zeichnung

## Beispiele – keine Musterlösung!



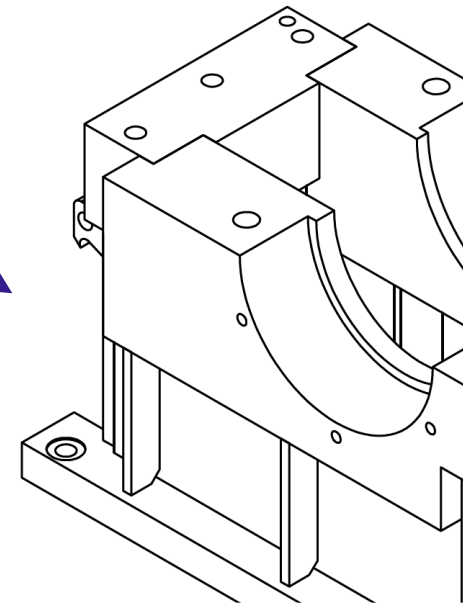
Schweißnaht →



Schnitt in Wellenebene

Stückliste

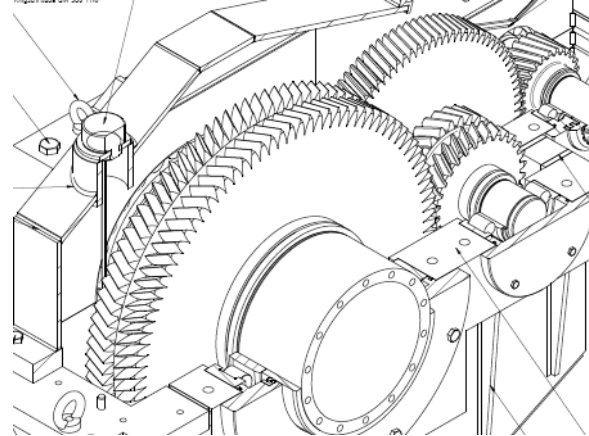
Gehäuseteil 3D, auch Innengestaltung sichtbar →



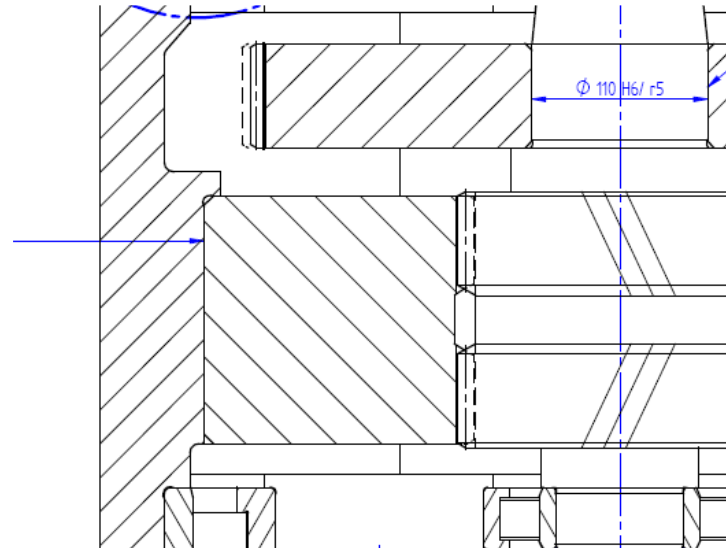
Kauf- und wichtige Normteile			
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	BESCHREIBUNG
1	1	NU 2208 ECJ	Zylinderrollenlager
2	1	NU 316 ECJ	Zylinderrollenlager
3	1	NU 212 ECP	Zylinderrollenlager
4	1	6313	Rillenkugellager
5	2	32008 X	Kegelrollenlager
6	2	33112	Kegelrollenlager
7	1	DIN 471 - 65x2,5	Sicherungsring
8	1	DIN 471 - 80x2,5	Sicherungsring

# Darstellung Zahnrad in 3D-CAD

- schön, aber...



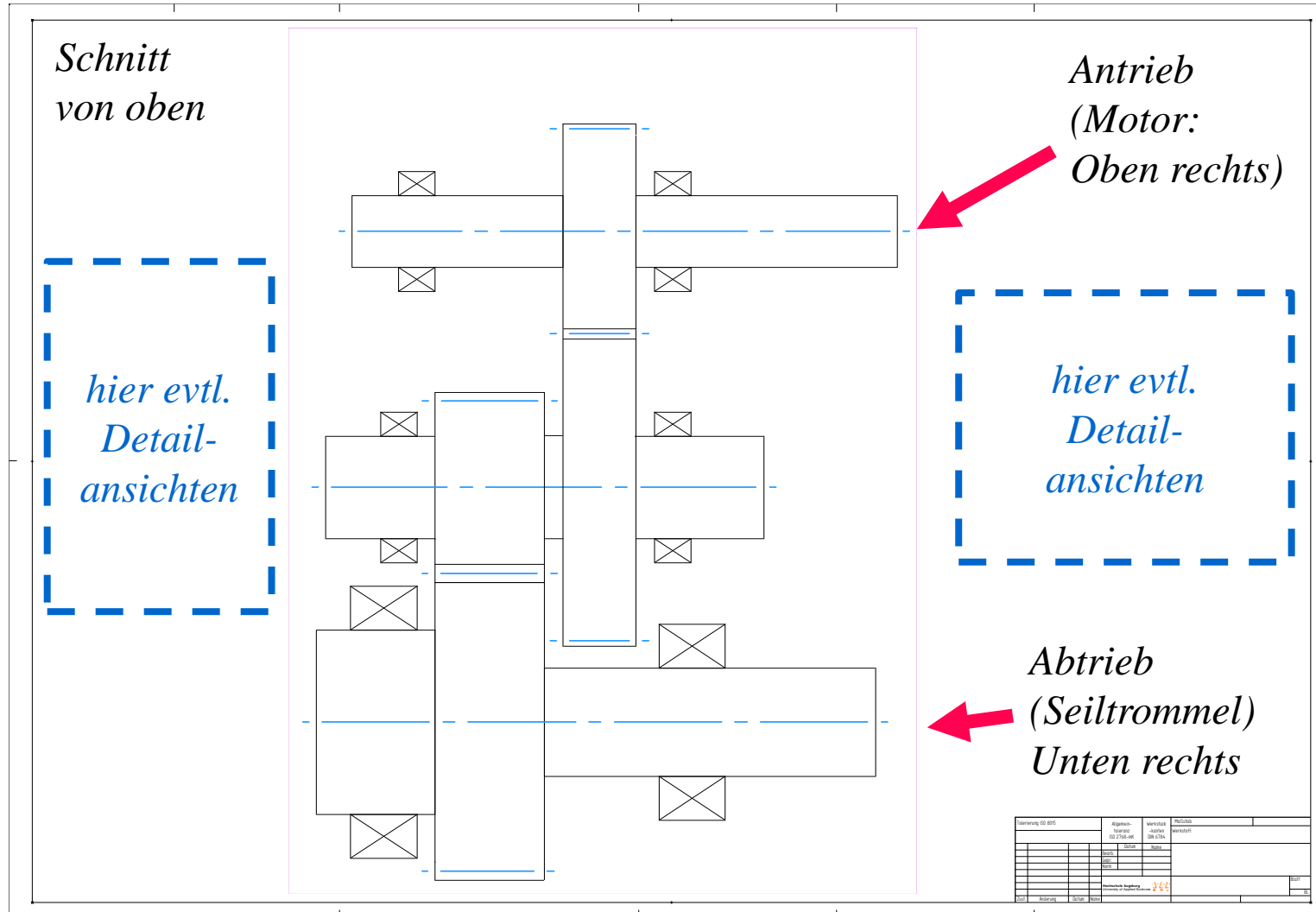
- besser,  
normgerecht!  
(Hoischen!)



- →CAD-Tutorium (?)



# Anordnung auf der Zeichnung



# Abgabe Konstruktionszeichnung

- Sie verstehen (hoffentlich) Ihre Konstruktion.  
Stellen Sie Ihre Konstruktion so dar, dass sie auch der Leser/ Betrachter in allen relevanten Details versteht!
- Aus dem Getriebeschnitt muss die Gesamtfunktion erkennbar sein, Details ggf. in Einzelheiten.
- Strichstärke und Vergrößerung beim Plotten beachten.  
Bewertet wird, was **erkennbar richtig** ist.  
(nicht was vielleicht richtig ist).  
Zu hohe Strichdichte führt dazu, dass Dinge nicht erkennbar sind!  
PDF-Einstellungen?
- Besser zwei Zeichnungen A1 als eine Zeichnung A0
- s. Blatt: Abgabumfang

# Abgabe Konstruktionszeichnung

- Getriebeschnitt ist wichtig → groß, deutlich  
3D-Ansichten: kleiner
- Spiel zwischen 2 Teilen: „Luft“ zwischen 2 Linien muss sichtbar oder mindestens durch Hinweis klar sein („↙ 1 mm Spiel“).  
Hier bestimmen sich Plot-Vergrößerung und passende Linienstärken!
- nicht vergessen:  
Wellen, Schrauben, Bolzen, Wälzkörper werden nicht geschnitten und mit Mittellinie dargestellt.  
Je Lager mind. 1 Wälzkörper mittig auf Teilugenebene positioniert, nicht geschnitten, Lagerringe eng schraffiert.  
Schraffurabstand den Bauteilen angepasst  
(große Teile weit schraffiert, kleine Teile eng schraffiert)  
Schraffurwinkel: **+45°**

## Schriftart?

ölführung für Schmierölüberläufe

oder

## Ölführung für Schmierölüberläufe ?

- ▶ also gleich alle Schriftarten auf Normschrift umstellen (z.B. Isonorm Lt Regular, **osifont**, o.ä.), ersatzweise z.B. Andere gute ISO-Font, aber **NIE** ANSI-Schriftart

„Öl: Omala ISO VG 1704“ ↔ „Öl: Omala ISO VG I704“

- ▶ Türkise Schriftfarbe in Schwarzweiß gedruckt sieht ungefähr so aus, also sollten Sie die Schriftfarbe in allen Menüs gleich **am Anfang** umstellen. Druck bzw. pdf in Schwarz-Weiß!

# Abgabe Plot / Zeichnung

---

▶ PDF-Qualität ?



▶ Schraffur:  $\pm 45^\circ$ !

# BACKUP

- Daten sichern!



