Konstruktion 3
Vorbesprechung

Gehäuse,
Dichtungen,

CAD-Tutorium
Abgabe

Bild: Reintjes

©wd 4349

Konstruktion

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

©wd 4349

Lagerauslegung

- Kräfte aus Verzahnungs- und Wellenberechnung
  (Umrechnung zurück auf Nennlast), isometrischer Kräfteplan
- Überschlägige Lagerabstände
- Lagerdaten: Katalog, *www.ina.de → medias, 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!)
- Lager**nach**rechnung
  von Hand / Excel /MathCad oder (nicht empfohlen) Mdesign

  Kontrolle

STOP Eingabe = Ausgabe?

STOP Lagerkräfte überschlägig prüfen!

STOP Kraftrichtungen prüfen!

©wd 4349

Lagerlebensdauer

➡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!)

Formeln für Vorauslegung Alternativmethode :

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

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

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

➡hier:
Lagerbelastung und –lebensdauer:

aus der Höchstbelastung bei Vorwärtsfahrt	$L_{h10soll} >$	**20.000 h**
Axiallager für Rückwärtsfahren bzw. Bremsen	$L_{h10soll} >$	**2.000 h**
Lager der Bremsenwelle Var. B	$L_{h10soll} >$	**12.000 h**

©wd 4349

Lageranordnung - Varianten
Fest-Los-Lagerung / Bsp.1

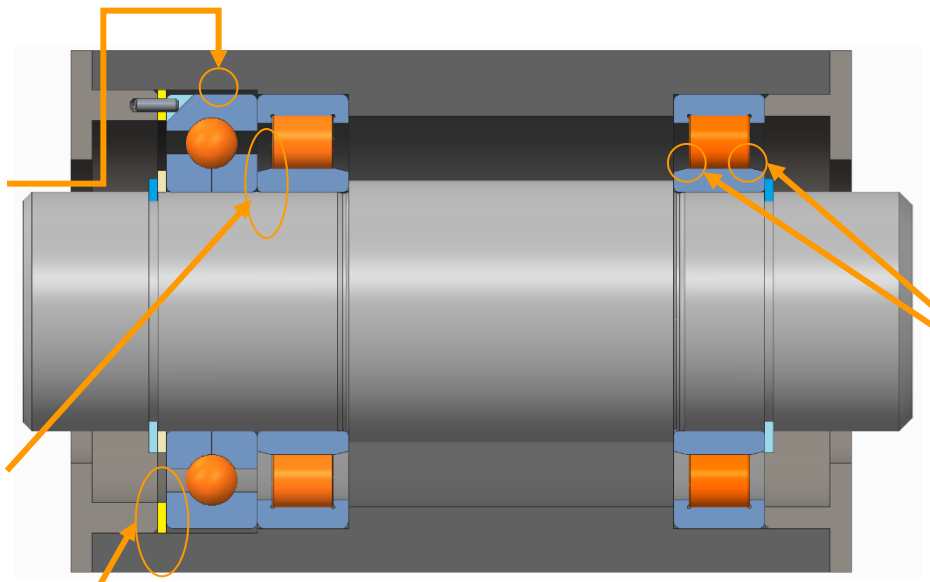
* soll in Ausnahmefällen ein Vierpunktlager alleine als Festlager verwendet werden, muss $F_{ax}/F_{rad}>1{,}2$ sein!

Fest-Los-Lagerung

Vierpunkt-Lager:
radial frei,
dadurch nur
axiale Belastung*

Zylinderrollenlager
bauartbedingt nur
radiale Belastung

Anpass-Scheibe
bestimmt geringes
axiales Spiel der
Außenringe



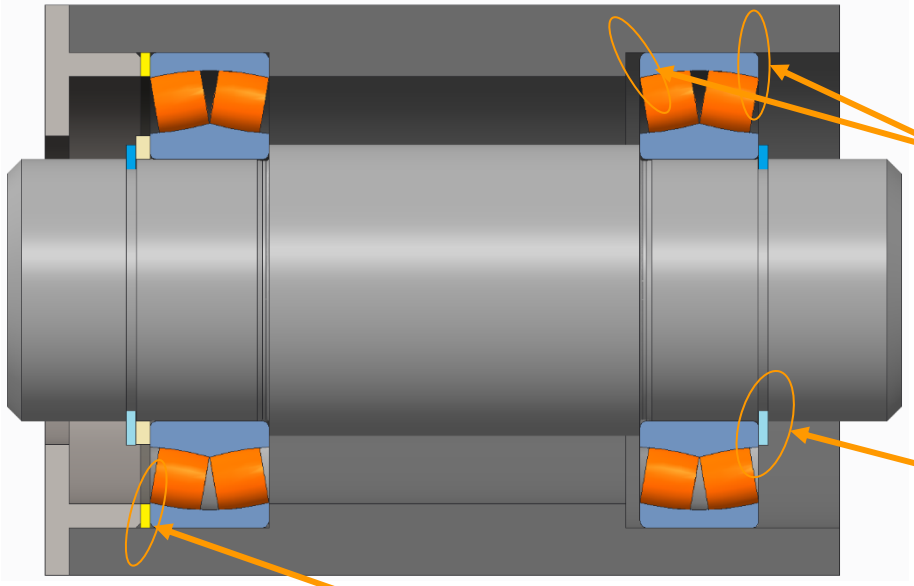
Loslager:
Zylinderrollenlager
Typ *NU* übernimmt
bauartbedingt
nur Radiallast und
keine Axiallast

Normalerweise ist es nicht sinnvoll,
Typen NJ, NUP usw. zu verwenden!

©wd 4349

Lageranordnung - Varianten
Fest-Los-Lagerung/ Bsp.2

Pendelrollenlager – Pendelrollenlager



Loslager: Außenring der Pendelrollenlager axial frei.
Passung beachten!

Loslager überträgt keine Axiallast:
Keine Abstimmscheibe 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.

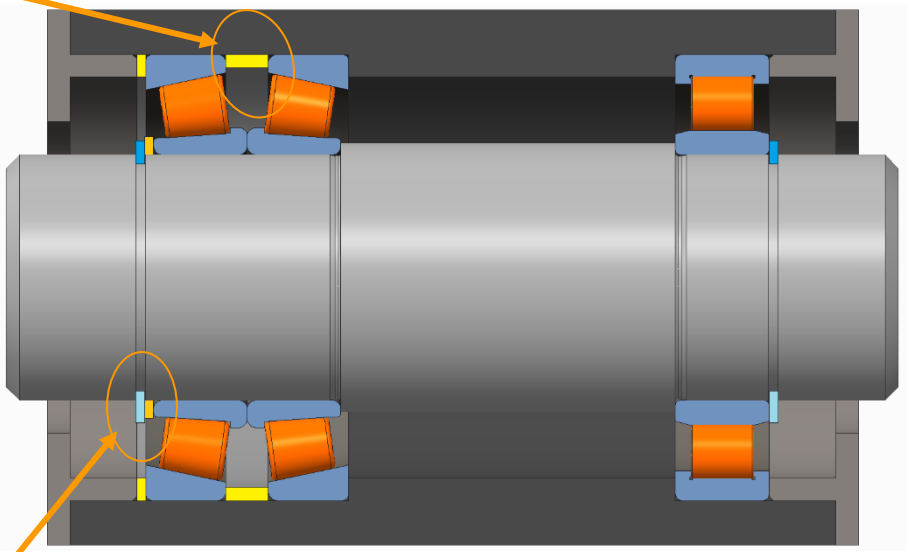
©wd 4349

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

Angestellte Kegelrollenlager - Zylinderrollenlager

Zwischenring zum sicheren Abstimmen des Lagerspiels der Kegelrollenlager

Sicherungsring nimmt durch Anpass-Scheibe spielfrei die Radiallast vom Innenring auf

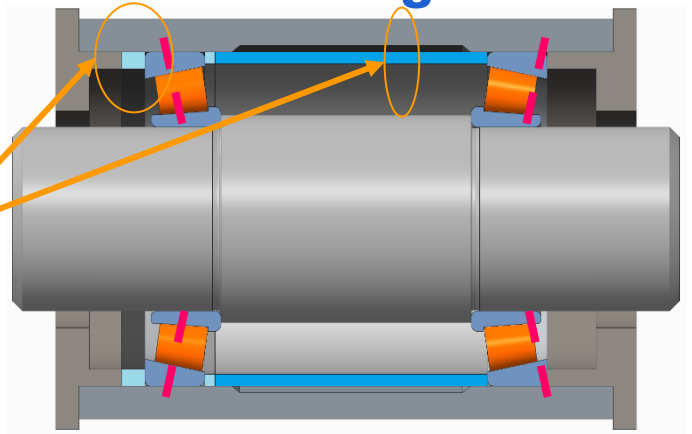


©wd 4349

Lageranordnung - Varianten angestellte Lagerung

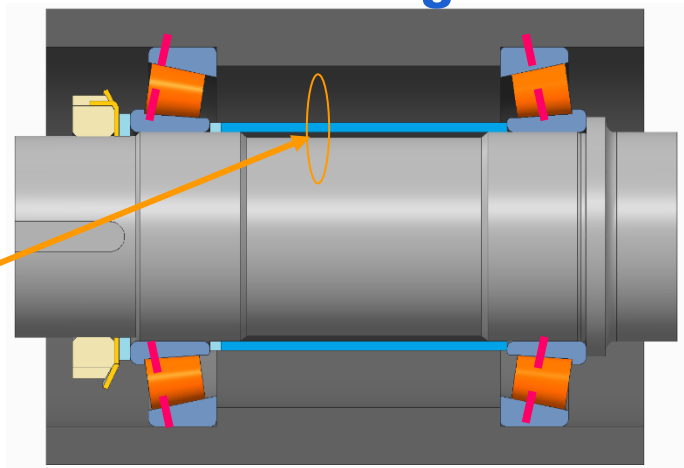
X-Anordnung X

Hülse und Ringe
zum sicheren Abstimmen
des Lagerspiels
der Kegelrollenlager



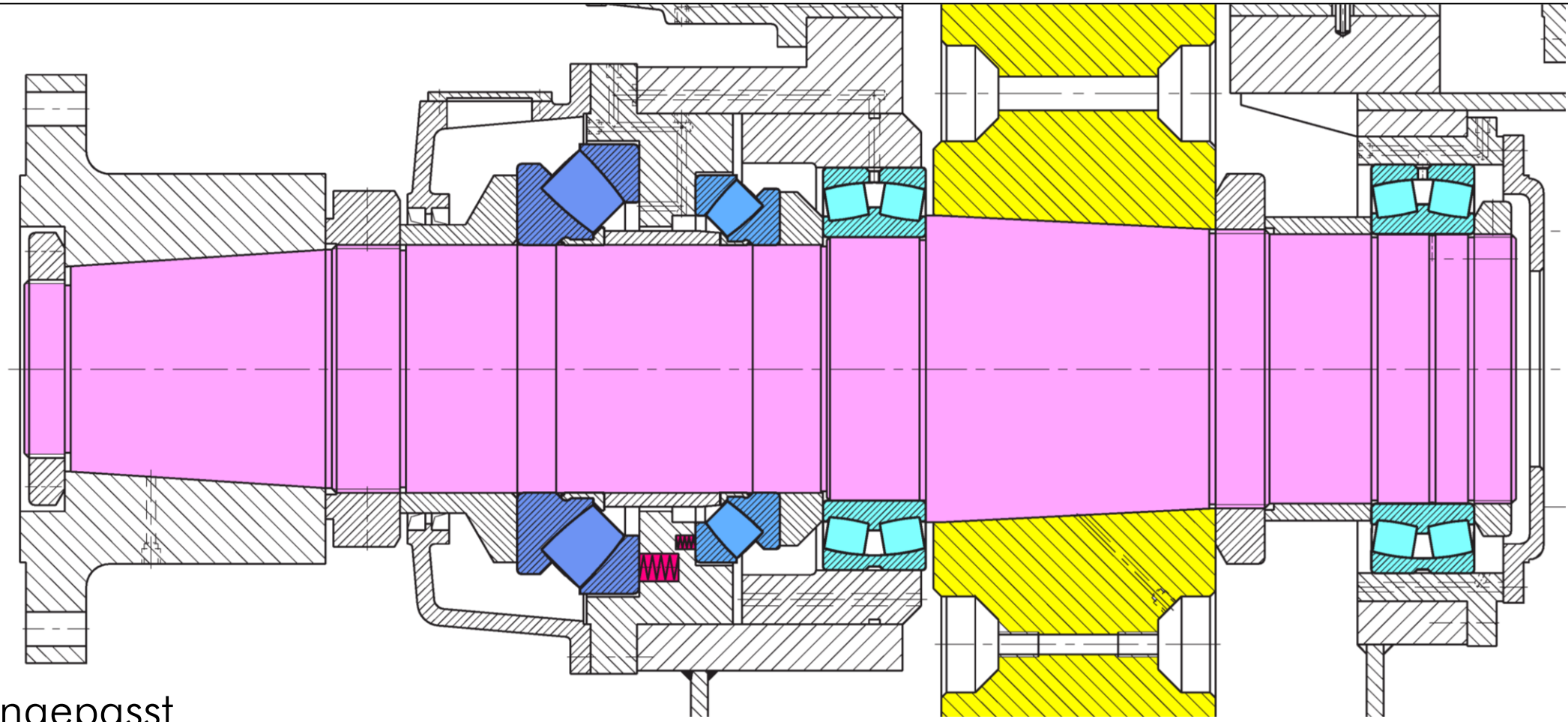
O- Anordnung <>

Hülse und Ring
zum sicheren Abstimmen
des Lagerspiels
der Kegelrollenlager



©wd 4349

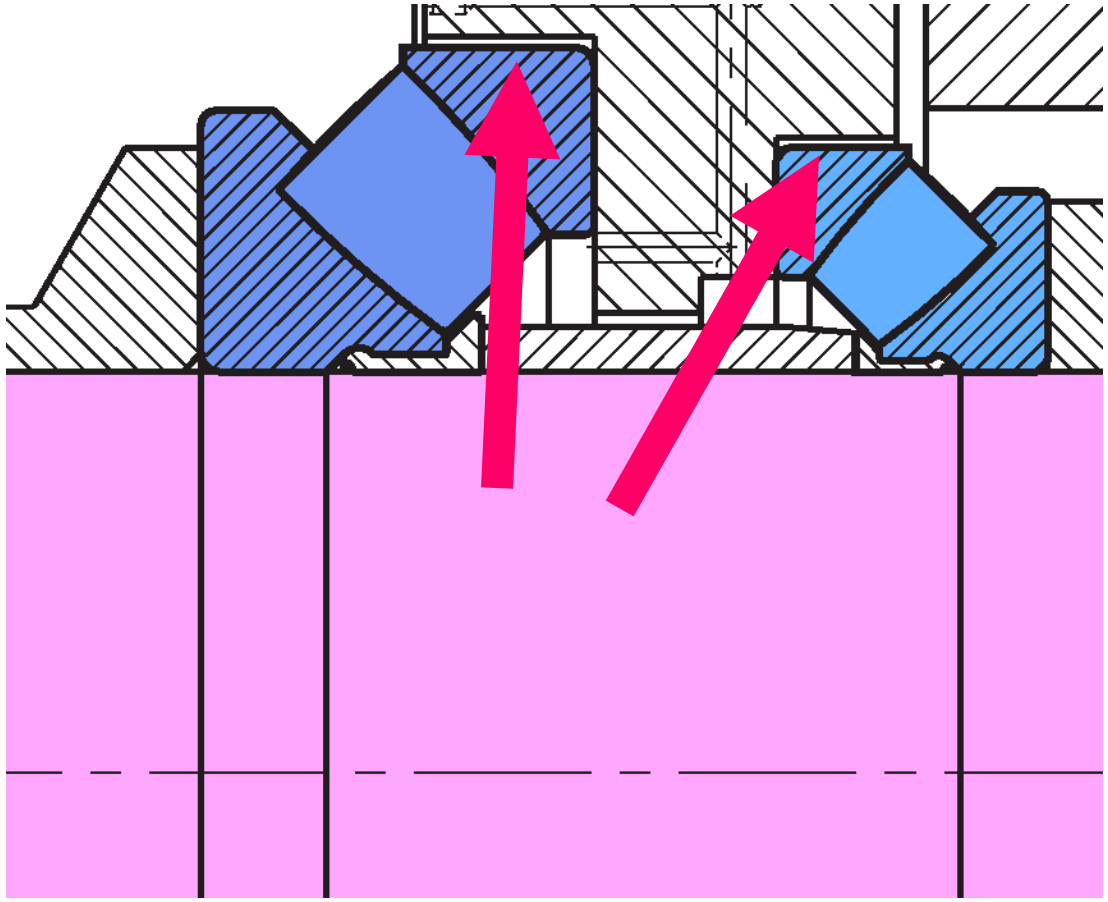
Schiffsgetriebe
Drucklager



- belastungsangepasst
- Wellenbiegung berücksichtigt

©wd 4349

Schiffsgetriebe
Drucklager



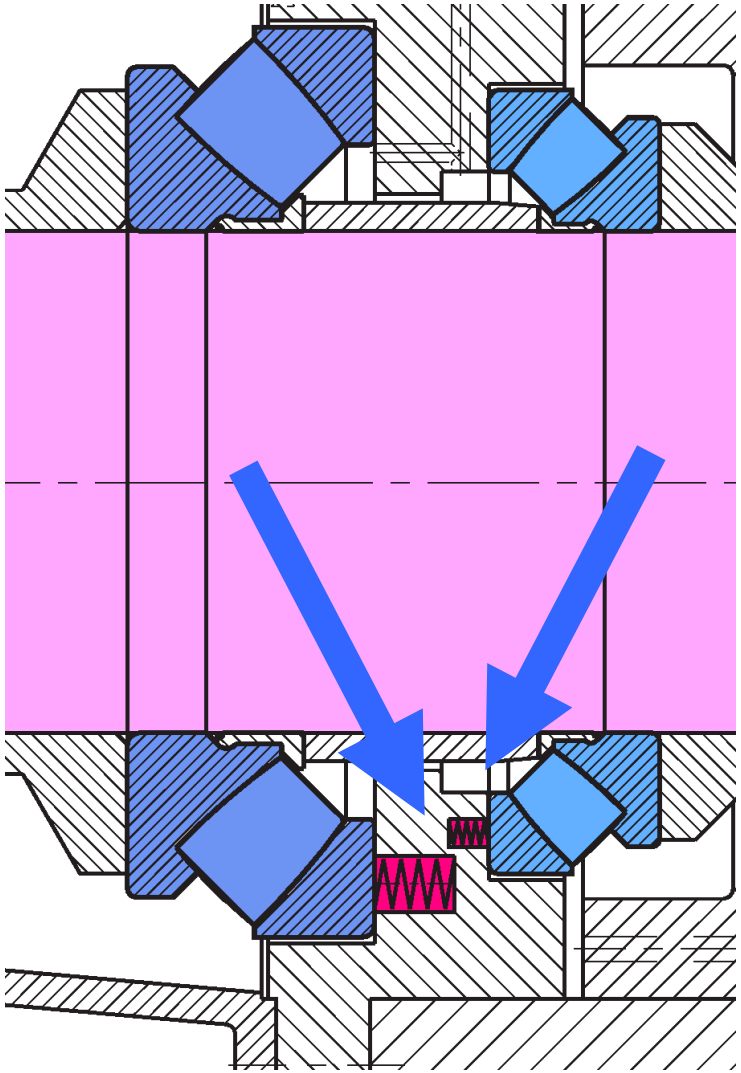
„Axiallager, die nur Axiallasten aufnehmen, dürfen nicht radial geführt werden

(ausgenommen Axial-Zylinderrollenlager mit einem Freiheitsgrad in radialer Richtung durch ebene Laufbahnen).

Bei rillenförmigen Laufbahnen ist dieser nicht gegeben und muss durch den losen Sitz der still stehenden Scheibe geschaffen werden. Für die umlaufende Scheibe wird meist ein fester Sitz gewählt.“ (ina-medias)

©wd 4349

Schiffsgetriebe
Drucklager



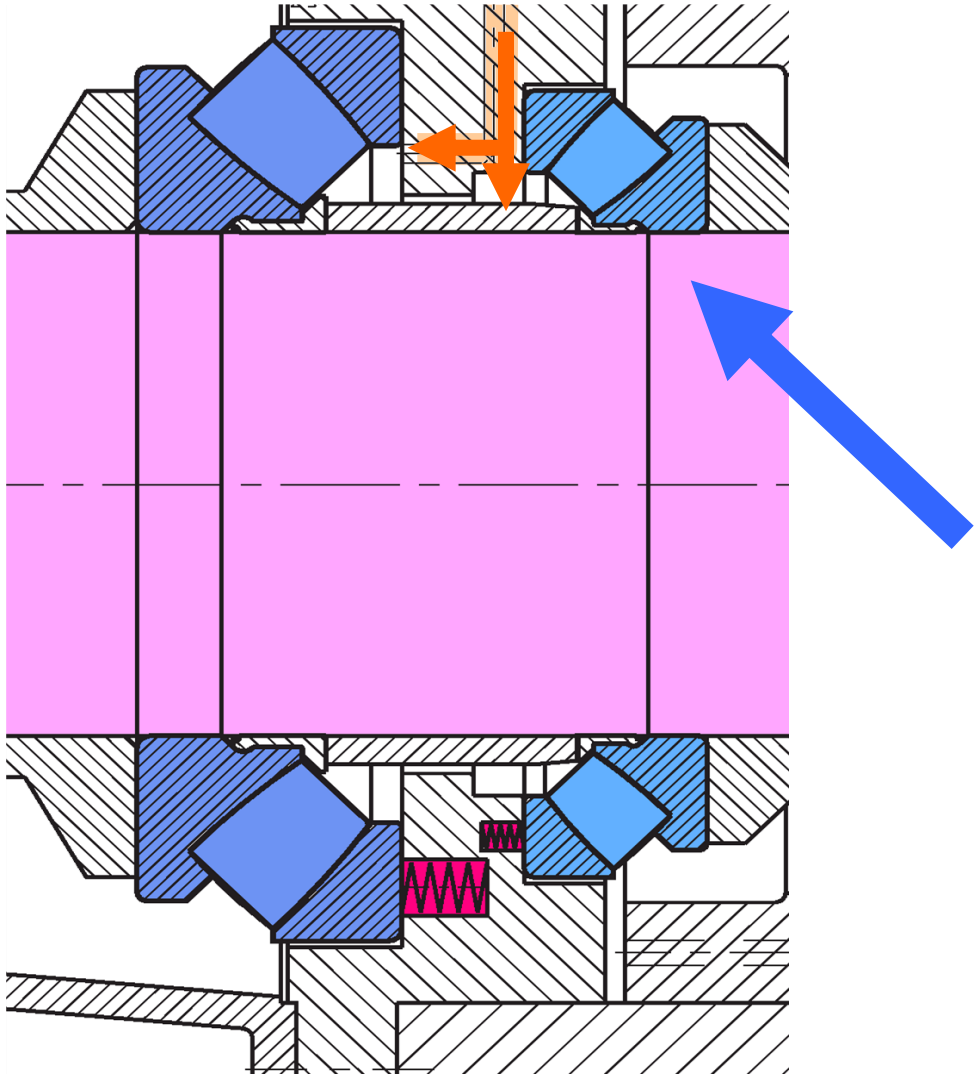
Zur Vermeidung von schädlichen Gleitbewegungen (Abplattung, Verschleiß, thermische Schädigung) müssen die Lager mit einer Mindestlast betrieben werden, die z.B. durch Federvorspannung erreicht wird.

Betrag der Mindestlast s. Lagerkatalog.

→ Vorspannkraft der gewählten Feder nachweisen!

©wd 4349

Schiffsgetriebe
Drucklager



Schmierung:

von innen nach außen (Fliehkraft)

©wd 4349

Lagerwahl

ungeeignete Bauart führt zu großen erforderlichen Lagerabmessungen !

(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[1)]	2	3	1	0	2[1)]	2	0	3[1)]	3	1	2	3[2)]	3[2)]	3[1)]
kombiniert belastbar	2	3[1)]	3	2	1	0	2[1)]	2	0	4[1)]	4	1	4	0	0	2[1)]
Längenausgleich im Lager	0	0	0	0	0	4	2	2[1)]	4	0	0	0	0	0	0	0
Lager selbsthaltend	j	j	j[3)]	0	j	0	0	0	0	0	0	j	j	0	0	0
Festlager	3	3[1)]	3	3	2	0	3[1)]	3	0	4[1)]	4	3	3	3[2)]	3[1)]	4[1)]
Loslager	2	0	2	1	2	4	2[1)]	2	4	0	1	2	2	0	0	0
schwimmende Lagerung	4	0	0[4)]	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[5)]	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

a Rillenkugellager	**g** Zylinderrollenlager NJ	**n** Pendelrollenlager
b Schrägkugellager, einreihig	**h** Zylinderrollenlager NUP	**o** Axial-Rillenkugellager
c Schrägkugellager, zweireihig, X, O	**i** Nadellager	**p** Axial-Zylinderrollenlager
d Vierpunktlager	**k** Kegelrollenlager, einreihig	**q** Axial-Pendelrollenlager
e Pendelkugellager	**l** Kegelrollenlager, X, O	**X** Lagerpaar in X-Anordnung
f Zylinderrollenlager N, NU	**m** Tonnenlager	**O** 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	

©wd 4349

Wälzlager

keine

- Lager mit kegeliger Bohrung!
- ZylinderRollenLager als Festlager (auch nicht NJ,NH, SL…)!
- Lager mit radial geteilten 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?

©wd 4349

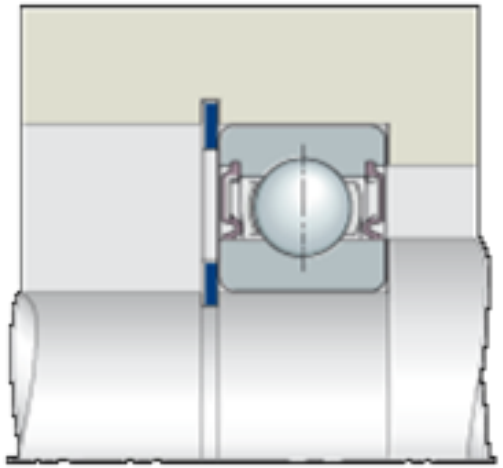
Konstruktion

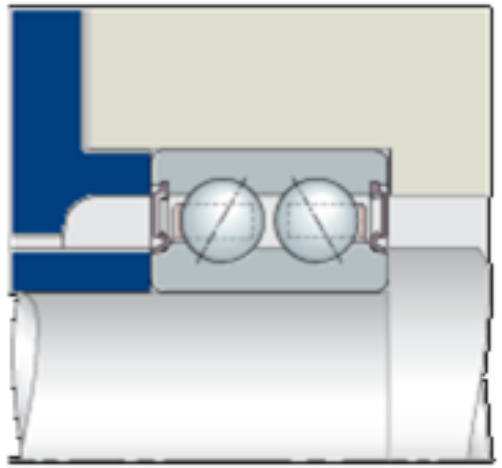
- Lagerauslegung, -konstruktion
- Lagerfestlegung
- Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- Gehäuse
- Schrauben
- Schmierung
- Dichtung
- Abgabe

©wd 4349

Wälzlagerfestlegung

mit Sicherungsring DIN 471/472





mit Ringen
und Deckeln,

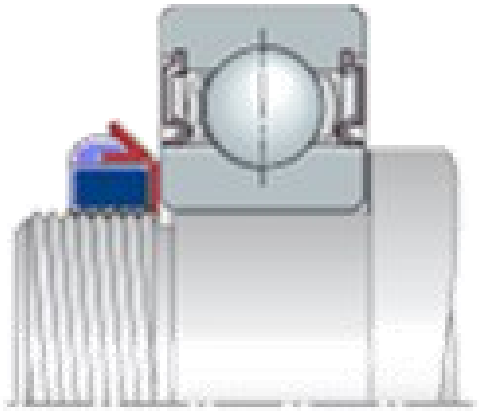
Anschluss-
maße
DIN5418

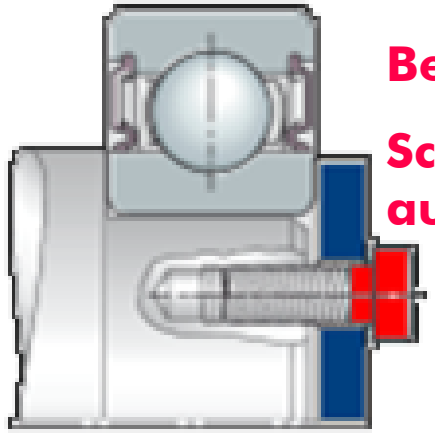
beachte:
Stülpgefahr!
Abhebedrehzahl!
(Nachweis erforderlich!)

Sicherung der Nutmutter in der Zeichnung darstellen!

Tragfähigkeit nachweisen!

mit
Nutmutter
DIN 981
und
Sicherungs-
blech
DIN 5406





Beachte:

Schraubenpaar, außermittig!

Bilder:Schaeffler

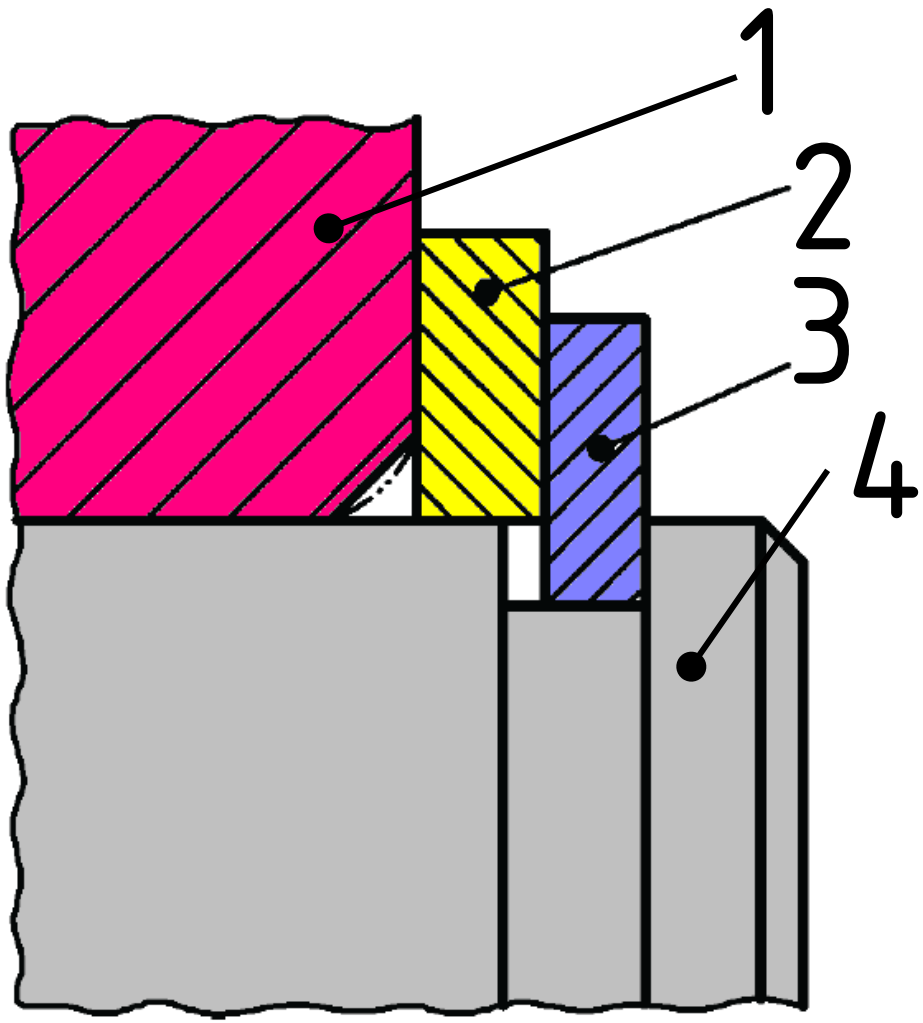
©wd 4349

Sicherungsring und Passscheibe

- Passscheibe bei stärkerer Axialbelastung und nicht voll ausgenutzter Fläche des Sicherungsringes (ausreichende Breite erforderlich!)
- Passscheibe zur Verringerung des Axialspiels

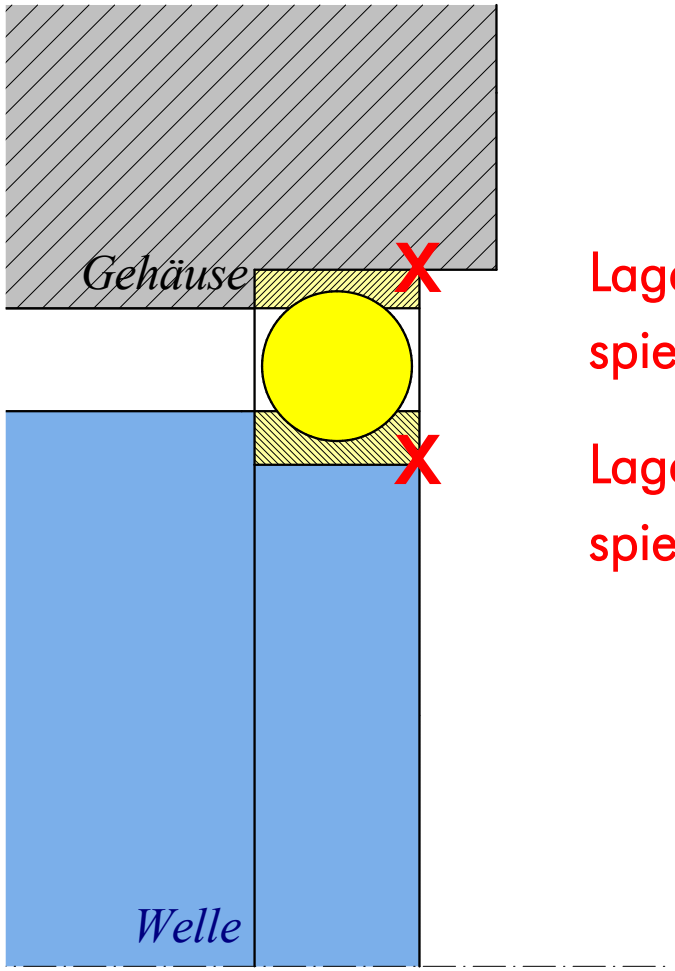
1 z.B. Wälzlager
2 Passscheibe (**breit!**)
3 Sicherungsring
4 Welle

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



©wd 4349

Doppelpassung - Beispiel

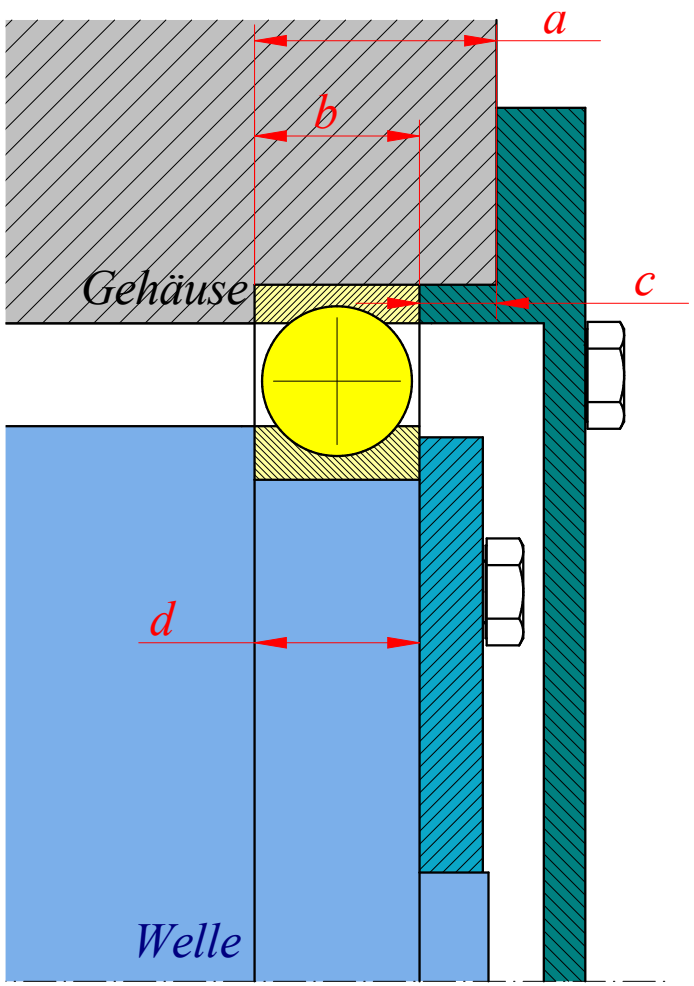


Lager:Außenring soll spielfrei festgelegt sein

Lager:Innenring soll spielfrei festgelegt sein

©wd 4349

Doppelpassung - Beispiel



$a=b+c$?

$b=d$?

$a=a_{nenn}\pm Toleranz$

$b=b_{nenn}\pm Toleranz$

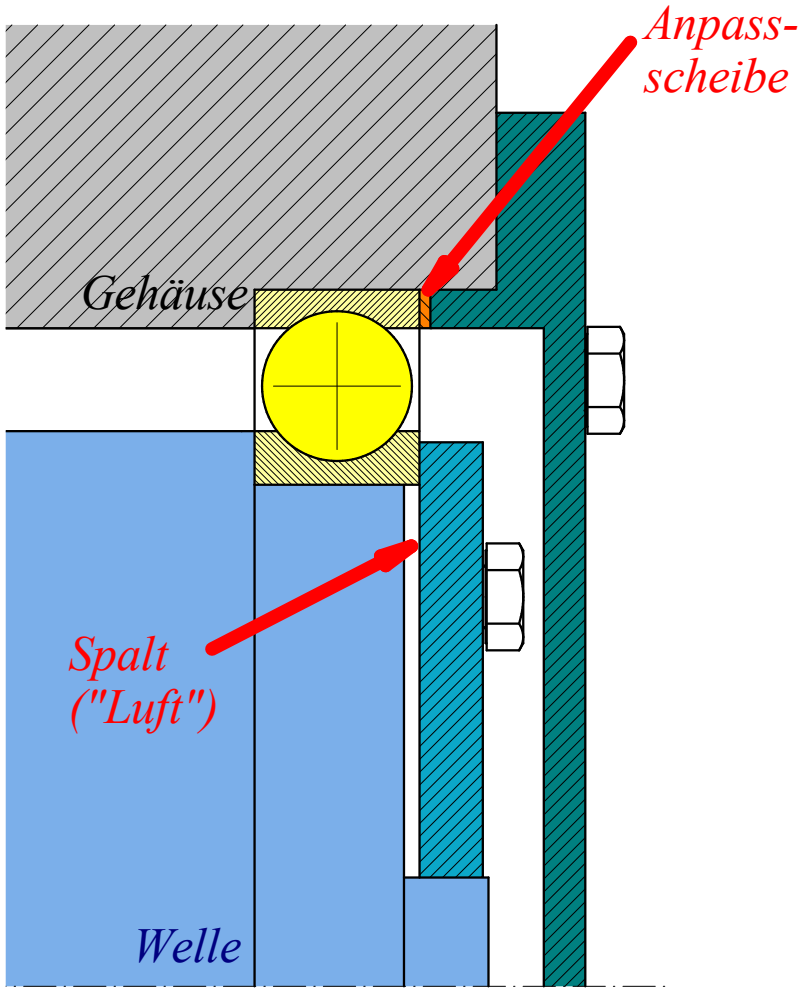
$c=c_{nenn}\pm Toleranz$

$d=d_{nenn}\pm Toleranz$

Ergebnis ?

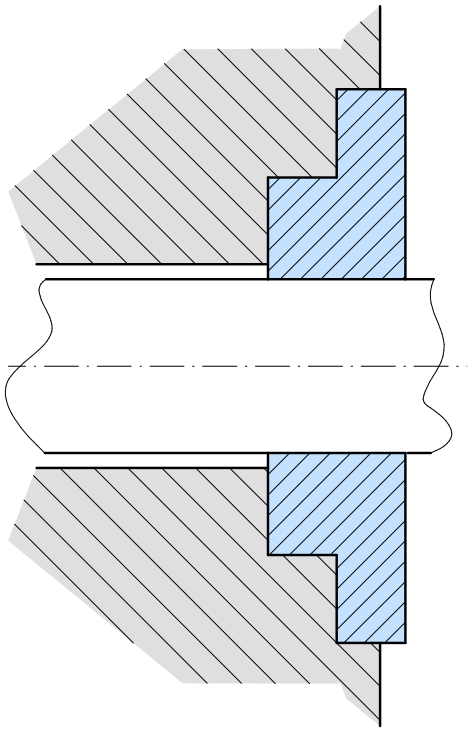
©wd 4349

Doppelpassung - Beispiel
Lösungsmöglichkeiten



©wd 4349

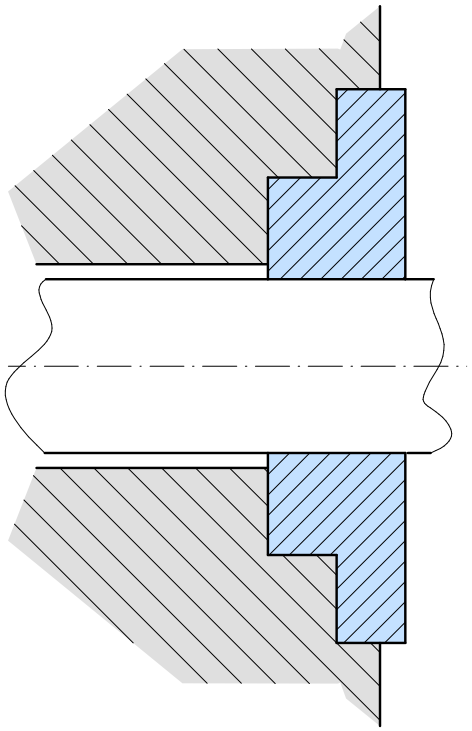
Doppelpassung
Beispiel 2



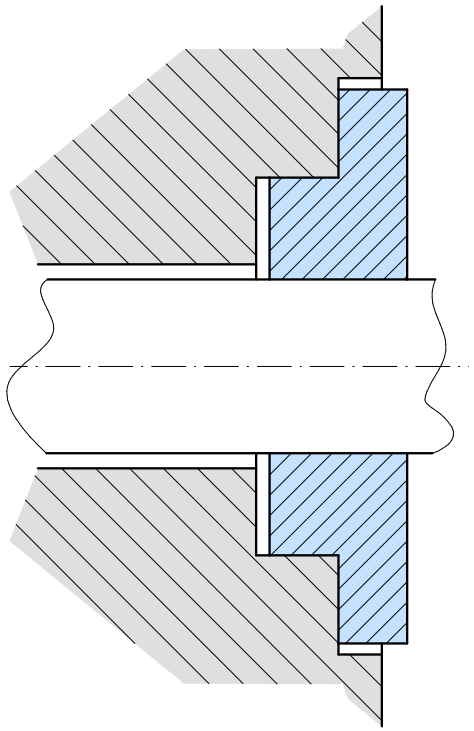
falsch

©wd 4349

Doppelpassung
Beispiel 2



falsch



richtig

©wd 4349

Deckel - Bohrung

- funktionsgerecht
- fertigungsgerecht
- kostengerecht
- …

©wd 4349

Konstruktion

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

©wd 4349

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 (σ_{tanAa})?
  (sollte hier bei Zahnrädern $< 100\ N/mm^2$ sein, Zahnfußsicherheit beachten!)
  Berechnung mit MDESIGN, nicht mit dem Excel-File von RM!
  Zuerst Vorauslegung, dann NACHrechnung (Ausdruck zur Abgabe: nur Nachrechnung!).
  Ergebnis: $T_{übertragbar} >! T_{nenn} \bullet Sicherheit$
  „Sicherheit" ggf. von Hand ausrechnen und nachweisen!

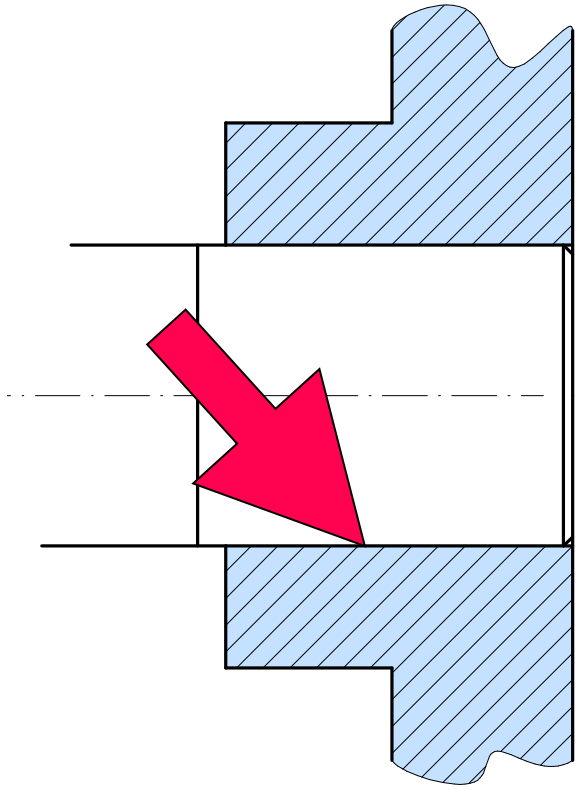
- Stirnflächen-Schraubverbindung z.B. RM Bsp.8.3,
  bei sauberer Zentrierung ohne F_{Q1}

©wd 4349

Anschlussteile an den Wellenenden

- Welle-Nabe-Verbindung zur Kupplung auslegen, und Tragfähigkeit nachweisen!
- WNV und Kupplungsanschluss darstellen!

- Auswahl konkreter Kupplungstypen ist nicht nötig (falls nicht in der Aufgabenstellung gefordert)

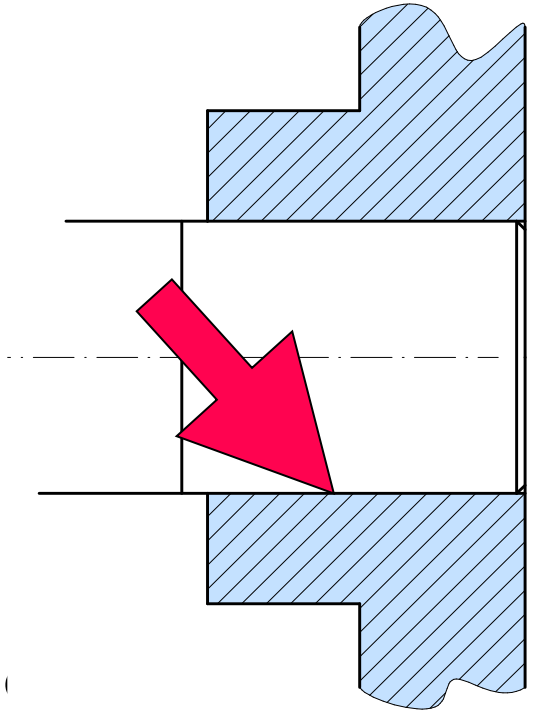


©wd 4349

Schiffsgetriebe
Antrieb, Bremse, Propeller

Antrieb, Bremse

- Verbindung zu den Antrieben/ zur Bremse über eine Kupplung
- Kupplung wird nicht vollständig gezeichnet, nur das Nabenteil
- Drehmomentübertragung Welle-Nabe ist nachzuweisen



Propelleranschluss

- Nabe ähnlich wie im Beispiel. Axiale Festlegung!
- Nabenflansch, weitere Verbindung zum Propeller wird nicht gezeichn
- Drehmomentübertragung Welle-Propellernabe ist ebenfalls nachzuweisen!

©wd 4349

Konstruktion

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

©wd 4349

Aufgaben des Getriebegehäuses

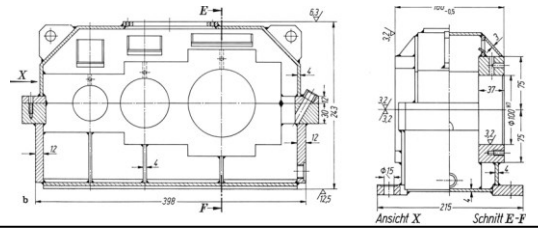
Getriebegehäuse werden vorrangig nach zulässiger Verformung gebaut, nicht nach Festigkeit!

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

©wd 4349

Gehäuse allgemein
Beispiel
Standgetriebe

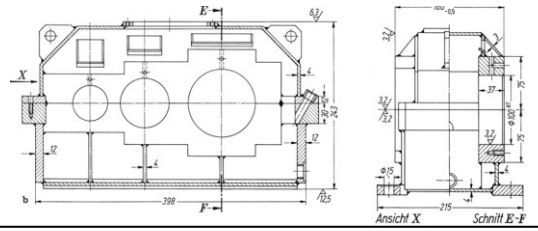


- Die Antriebseinheit muss sich im Wesentlichen selbst tragen
- ⇨ steifes Getriebegehäuse, Unterkasten und teilweise Oberkasten als tragende Konstruktion.
- **Lagerschrauben** so dicht wie möglich an den Lagern anordnen. Dimensionierung nach den maximalen Lagerkräften aus der statischen Wellenbelastung.
- 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.

©wd 4349

Gehäuse allgemein



- **Passstifte** 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-Ø ca. **0,8***Flanschschrauben-Ø . Gegen Herausfallen/ -wandern sichern!
- **Abdrückgewinde** mit Gewinde im Flansch. Anordnung auf der Schmalseite des Getriebes. Gewinde-Ø ≈ Flanschschrauben-Ø.
- **Oberflansch** ringsum **3 ... 10** ***mm*** überstehen lassen
  ⇨ leichteres Abheben ⇨ Verdecken unregelmäßiger Kontur
- **Abstand zwischen Rädern und Gehäusewänden** abhängig von Umfangsgeschwindigkeit.
  Ab $v_t > 10\ ^m/_s$ 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,

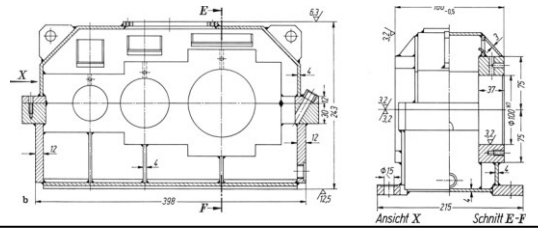
  mind. $2*s_A$ zwischen Kopfkreis der Räder und Getriebeboden

  ab $v_t > 10\ ^m/_s$: $s_A \approx 2mm + 3m + B$;

  mit $B = 0{,}65mm(v_t - 25\ ^m/_s) \geq 0$;

©wd 4349

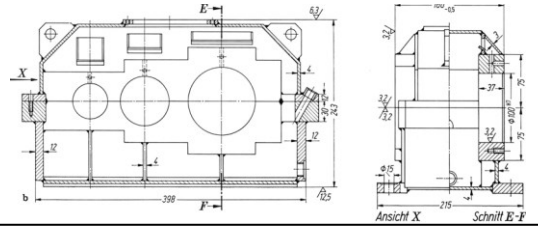
Gehäuse allgemein



- 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 $l \gtrapprox 3d$ beachten!

©wd 4349

Gehäuse allgemein



- **Lage der zu bearbeitenden Flächen** möglichst in oder parallel zur Hauptbearbeitungsebene. Fertigbearbeitung in einer, max. zwei Aufspannungen. Spannflächen, -möglichkeiten vorsehen.
- **Oberflächenqualität**

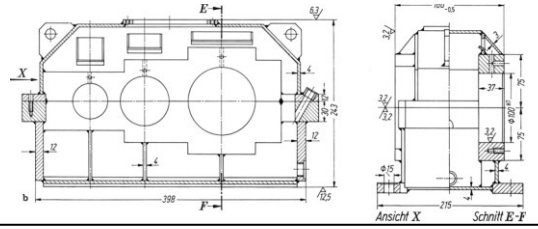
  Flanschflächen $R_z = 16..25\mu m;$

  Lagersitze u. Lagerstirnflächen $R_z \approx 16\ \mu m$

  Schaulochdeckel, Fußflächen $R_z \approx 25\ \mu m$
- Blechoberfläche ist von geringer Qualität ⇨ 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.

©wd 4349

Gehäuse allgemein
Schweißkonstruktion

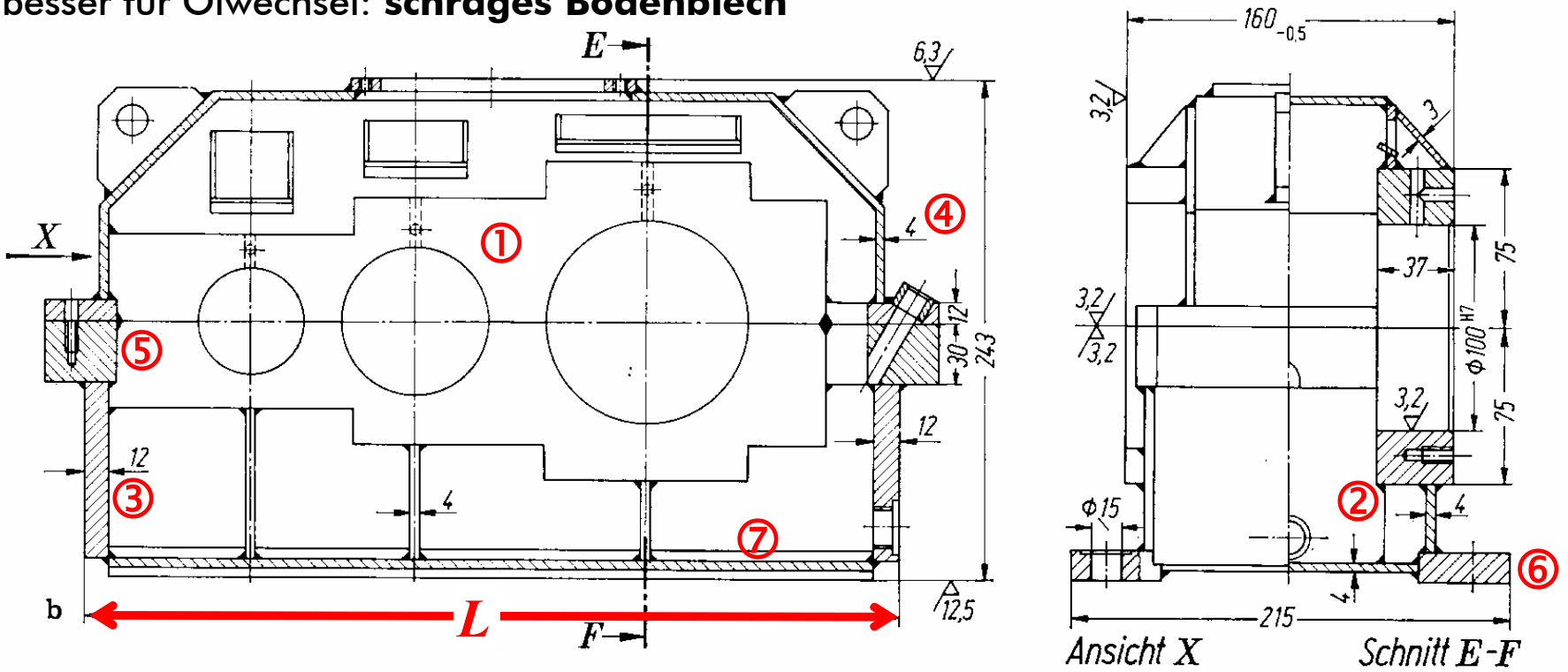


- Schweißsymbole nach DIN EN 22553
- Werkstoff S235J2G3/G4 (St 37-3),
  für höhere Beanspruchung S355J2G3/G4 (St 52-3)
- klotzartige, brenngeschnittene Teile als Lagernaben, Wandstärke nach konstruktivem Bedarf, müssen Lager auf voller Breite und Deckel ggf. mit Dichtring aufnehmen
- bei exzentrischer 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

©wd 4349

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
⑦besser für Ölwechsel: **schräges Bodenblech**



nach Niemann/Winter: Maschinenelemente Bd.II

©wd 4349

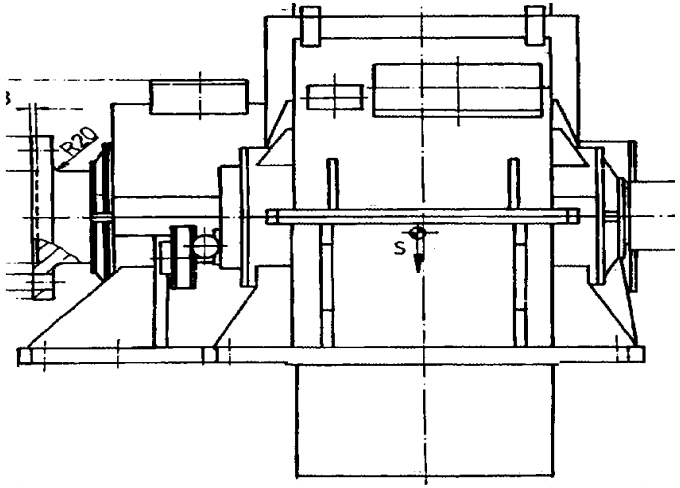
Gehäusedimensionierung – Anhaltswerte
(Schweißkonstruktion, gehärtete Verzahnung)

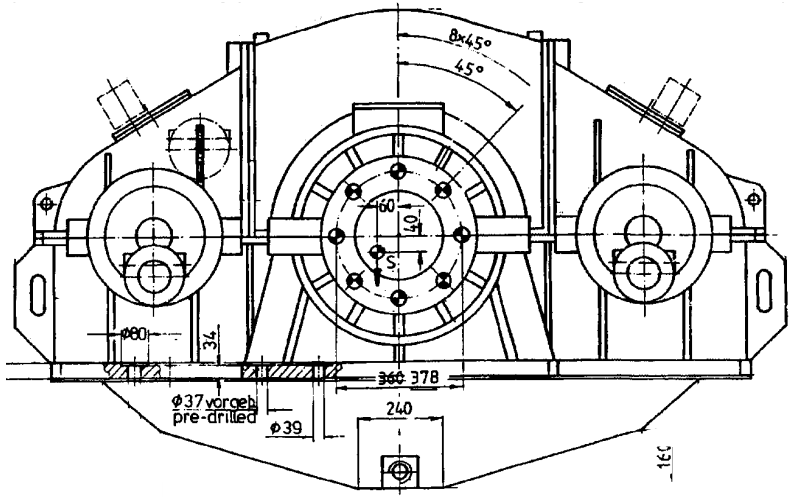
Bauteil	Bez.	Schweißkonstruktion
Wanddicke für Unterkasten minimal … maximal mittragender Oberkasten, Lagerdeckel nicht mittragende Haube	w_W w_O w_H	$0{,}005*L+4\text{mm}$ 4mm … 25mm $0{,}8*w_W$ $0{,}5*w_W$
Versteifungs- und Kühlrippen	w_R	$0{,}7\ldots1*w$ der zu versteifenden Teile
Flanschdicke Flanschbreite (vorstehender Teil)	w_F w_B	$2*w_W$ $4*w_W+10$ mm
durchgehende Fußleiste mit Ausnehmung durchgehende Fußleiste ohne Ausnehmg. 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	$3*w_W$ $1{,}5*w_W$ $6..10 * d_F$ $1{,}6*w_W$ $1*w_W$
bei Forderung nach niedrigem Getriebegeräusch größere Wandstärken. Lagerschrauben möglichst dicht am Lager. Verteilung der Teilfugenschrauben für gleichmäßige Pressung (Dichtigkeit!)		

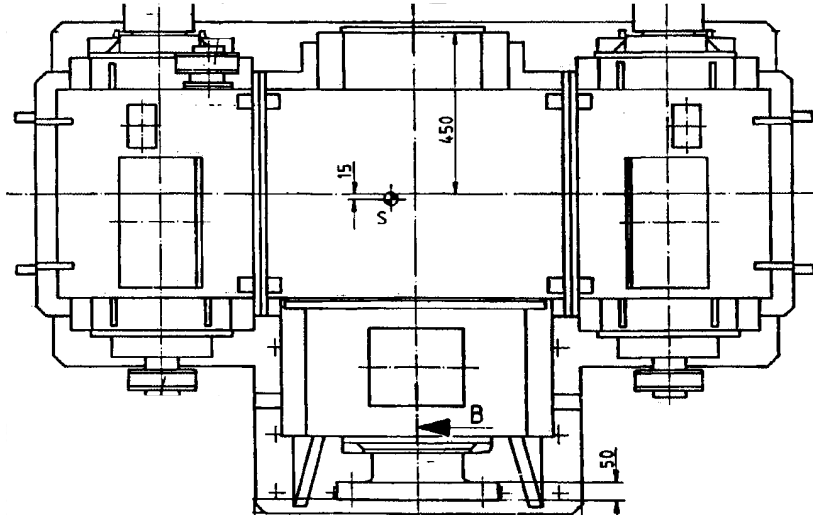
nach Niemann/Winter: Maschinenelemente Bd.II

©wd 4349

Gehäuse - Beispiel Schiffsgetriebe







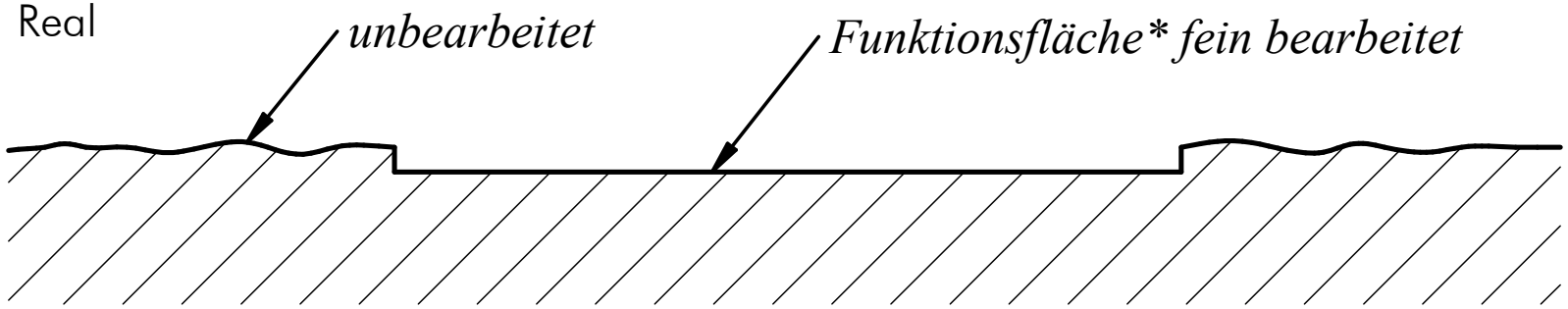
- ⇨ steifes Getriebegehäuse, Unterkasten und teilweise Oberkasten als tragende Konstruktion.
- ⇨ Besonders steif im Bereich des Drucklagers in axialer Richtung!

Bilder: Käser

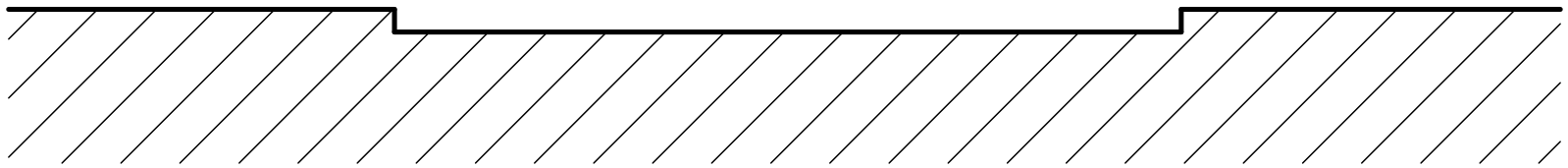
©wd 4349

bearbeitet - unbearbeitet

Real



Darstellung in der Zeichnung



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

* Funktionsfläche:
z.B. Schraubenkopfauflage,
Dichtfläche, Lagersitz

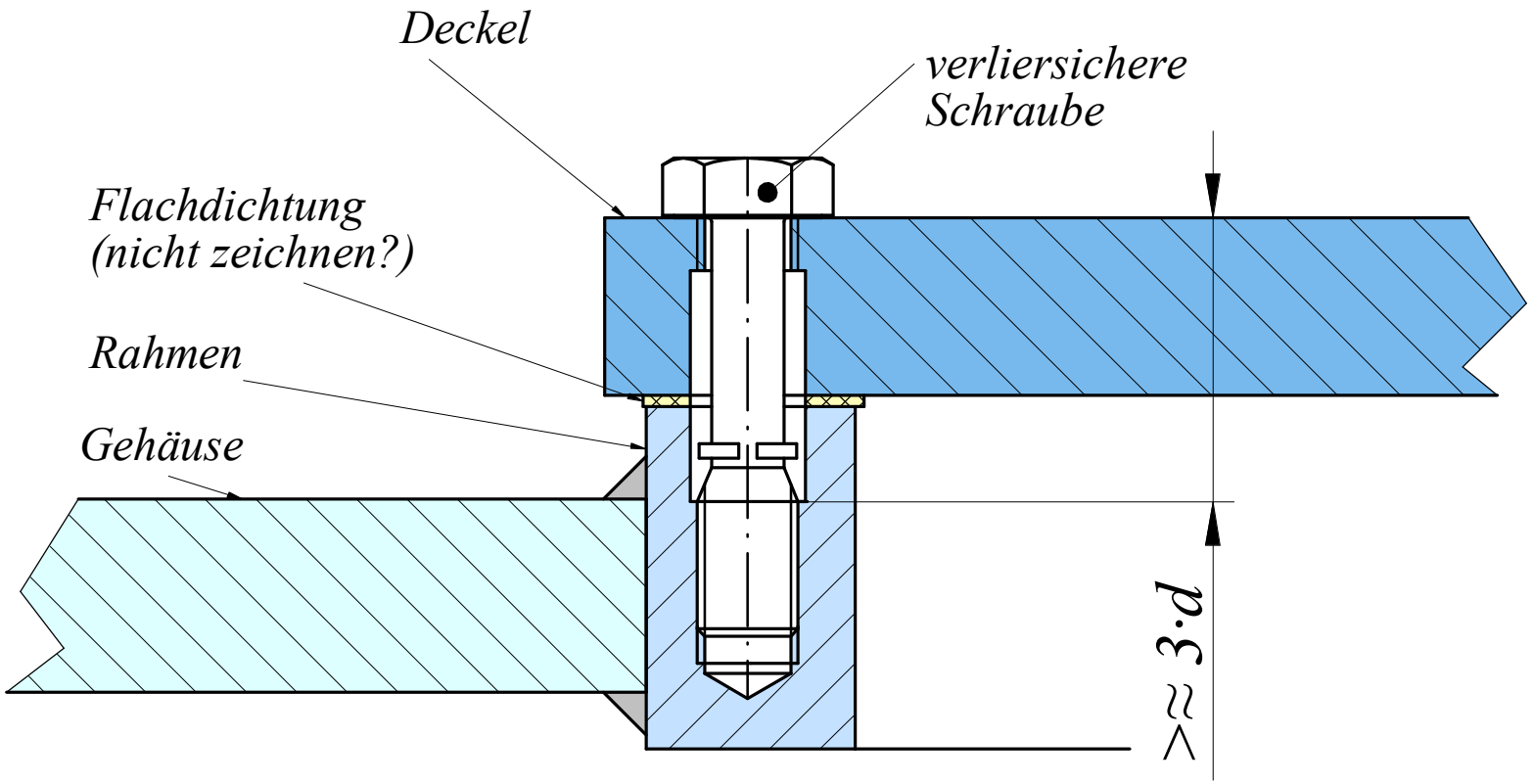
©wd 4349

Konstruktion

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

©wd 4349

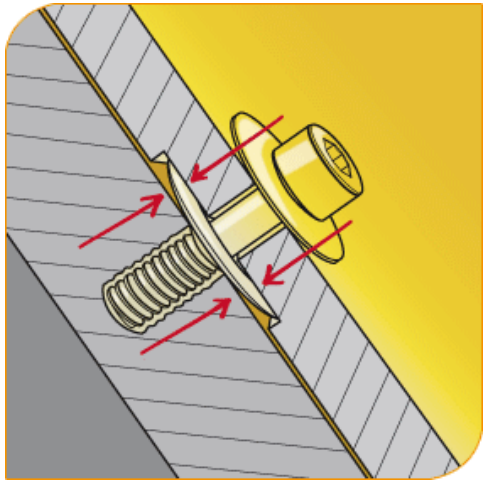
Beispiel
Schaulochdeckel



©wd 4349

verliersichere Schraube

→ DIN 6929



oder z.B.

→ "Savetix"

→ "ScrewClip"

Unverlierbarkeitsscheiben

(Quelle: Jannasch. Bilder: Savetix, OttoRoth)

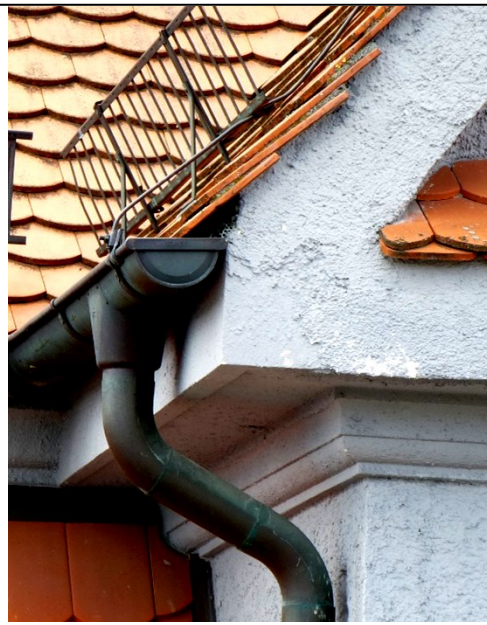
©wd 4349

Konstruktion

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

©wd 4349

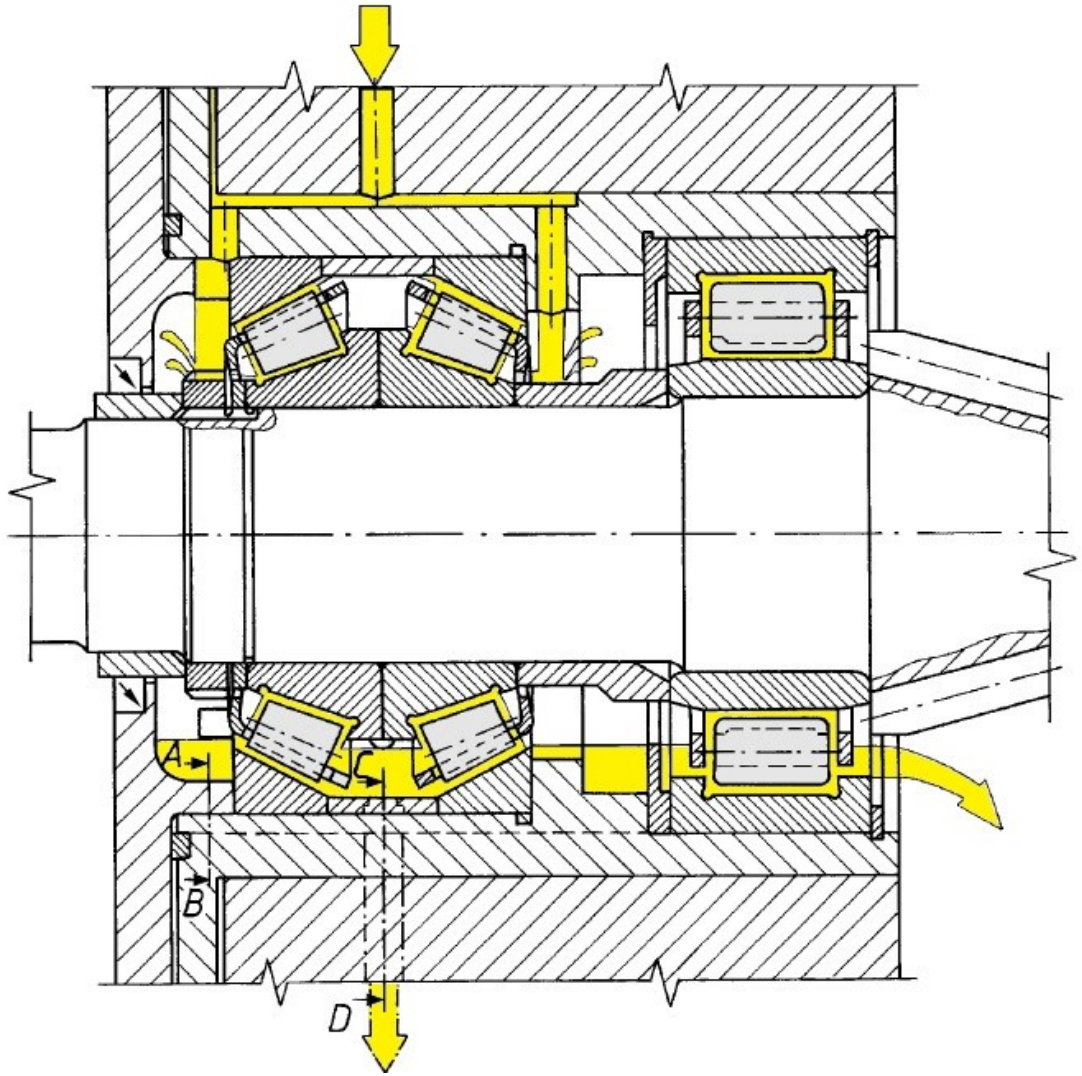
Gehäuse – Schmierung



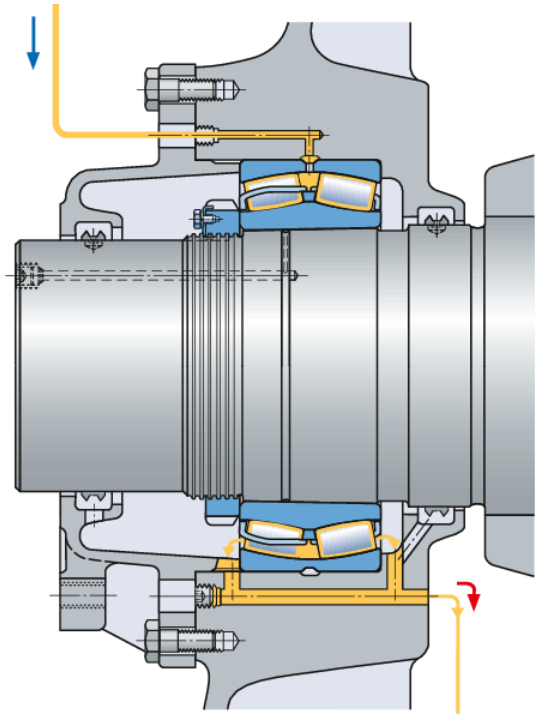
- **Ölstand** Eintauchtiefe bei stillstehenden Zahnrädern ca. $6 \cdot m$.
  Zu hoher Ölstand: Planschverluste. Abhilfe: Abschirmbleche.
- Ölkanäle, Fangrinnen, Leitkanäle, Bohrungen
- Schmierung der oberhalb des Ölstands liegenden Lager oder Zahnräder durch Spritzöl ist nach Fa. **Shell** nur gesichert, wenn $(v[^{m}/_{s}])^2/d[\mathrm{m}] \geq 5$;
  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!

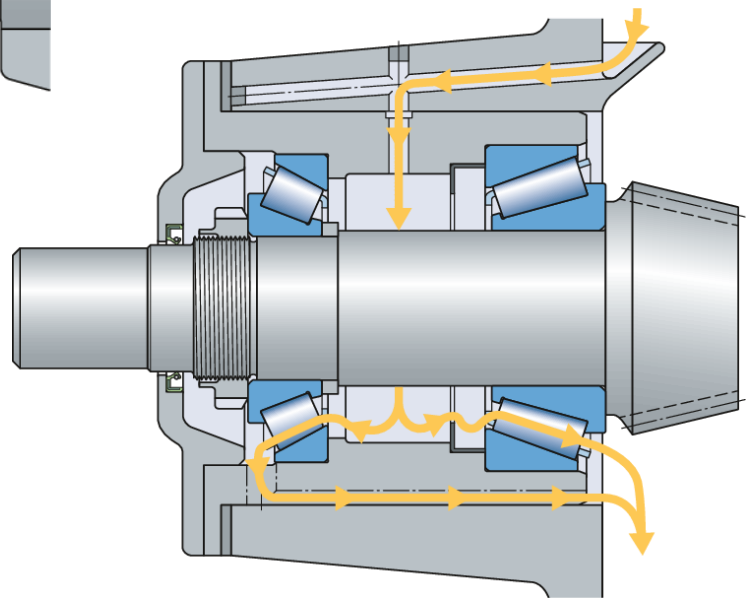
©wd 4349

Schmierung
Lager - Beispiele



Quelle: SKF,RM

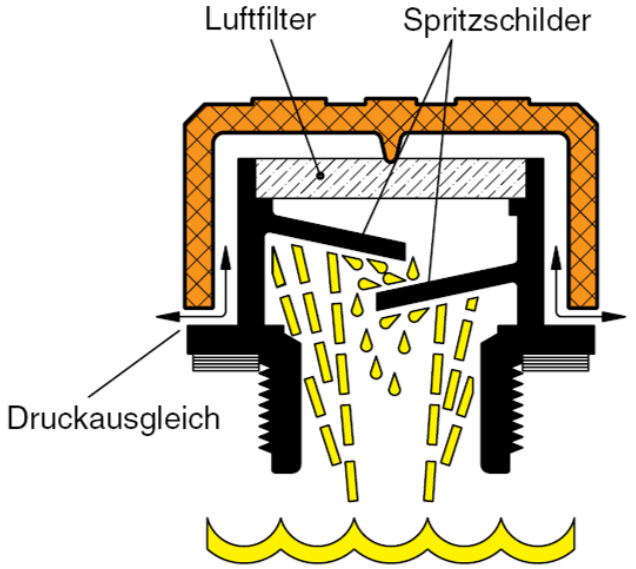




©wd 4349

Schmierung

- **Ölstandsanzeige** durch Schauglas
- **Entlüftung, Öleinlass mit Ölmessstab** kombiniert,
  (Firmen-)Normteile verwenden!
  An „ruhige“ Stelle (oben) platzieren!
- **Ölablass** 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 …

©wd 4349

Konstruktion

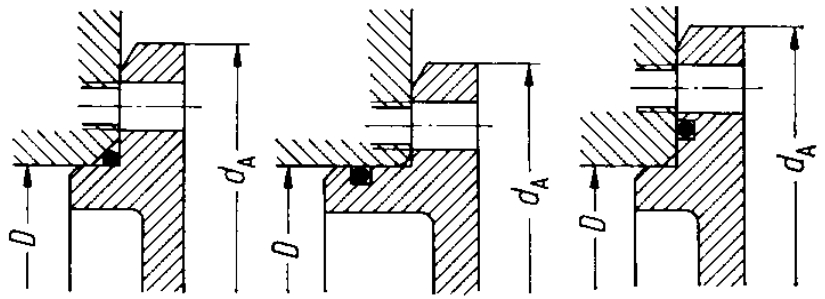
- Lagerauslegung, -konstruktion
- Lagerfestlegung
- Welle-Nabe-Verbindungen WNV
- Gehäuse
- Schrauben
- Schmierung
- Dichtung
- Abgabe

©wd 4349

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 ⇨O-Ringe

Links: O-Ringabdichtung in der Anfasung.
Billig, Anfasung relativ ungenau ⇨Pressung auf O-Ring unsicher.
Mitte: O-Ring im Zentrierbund. Rechteckige Nut, d_A↓, aber aufwändiger, langer Zentrierbund. Gehäusekante gut abrunden, sonst Verletzung des Rings.
Rechts: Sichere, aufwändige Lösung. Nur möglich, wenn keine Doppelpassung entsteht, d_A↑
(Quelle: Niemann ME II).

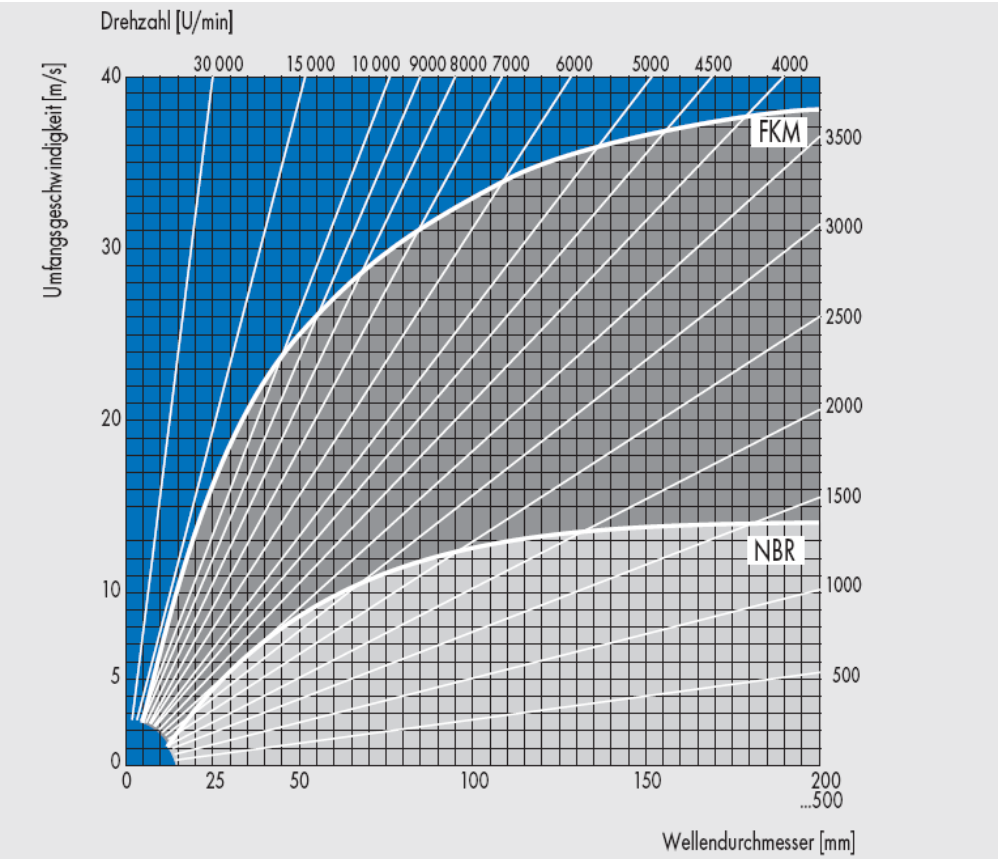


©wd 4349

Wellenabdichtung - berührend

Radialwellendichtring:

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



Zulässige Umfangsgeschwindigkeit für Simmerringe aus den Werkstoffen NBR (72 NBR 902) und FKM (75 FKM 585) bei der Abdichtung von Motorenöl SAE 20. Einsatz Simmerring mit SL (Schutzlippe): v = max. 8 m/s.

Quelle: SIMRIT

©wd 4349

Radialwellendichtring: Wellengestaltung

- Oberflächenhärte >**45 HRC** (Vergütung erreicht **400 HV ≈ 42 HRC**).
  Bei Zutritt verschmutzter Medien, Schmutz von außen oder **Umfangsgeschwindigkeiten** > **4 m/s**
  mind. **55 HRC** (**Härtetiefe > 0,3 mm**)
  ⇨ **Nitrieren** (weiße Schicht glätten) oder ⇨ **Einsatzhärten**
  (in Zeichnung angeben!)

- Wellendurchmesser im Bereich der **Lauffläche**
  ISO-Toleranzfeld **h11** (in Zeichnung angeben!), Rundheit **IT8**

- Welle im Laufflächenbereich $\mathbf{R_z = 1 \ldots 4\ \mu m}$ (in Zeichnung angeben!)

- Die Bearbeitung der Welle darf im Laufflächenbereich keine Drall-orientierung haben, die durch Förderwirkung Undichtigkeit ergäbe
  (**drallfrei geschliffen** ⇨ Schleifen ohne axialen Vorschub der Schleifscheibe - **Einstichschliff**, alternativ auch **Glattwalzen**) (in Zeichnung angeben!)

©wd 4349

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.

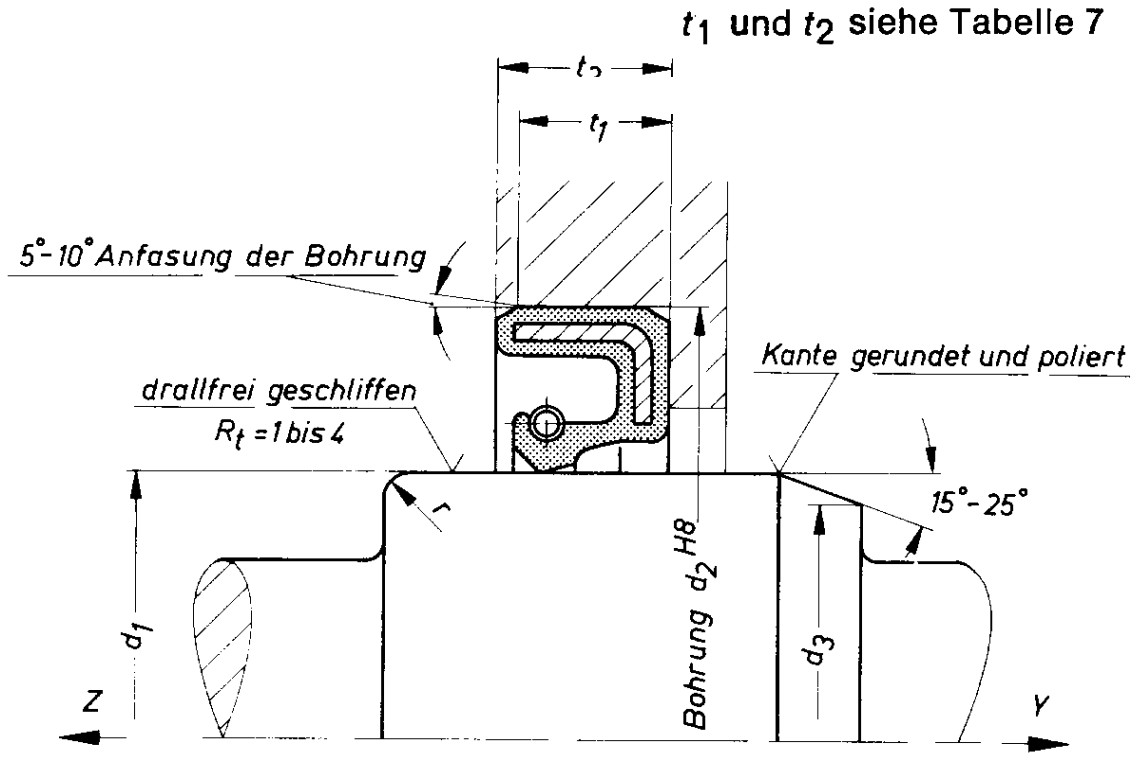
- Die Dichtlippe darf beim **Einbau** nicht beschädigt werden,
  Durchmesserunterschied zu Lagersitzen, Passfedernuten, Zahnwellen … vermeidet Montageschäden

- 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.

©wd 4349

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
- $R_z \leq 16\ \mu m\ \ (\sim R_a \leq 4\ \mu m)$
- ISO-Toleranz **H8**
- Zur Montage **Bohrung anfasen**
- **Einbaulage** richtig zeichnen!



Quelle: DIN 3760 April 1972

©wd 4349

Alternative:
Wellenabdichtung - berührungslos

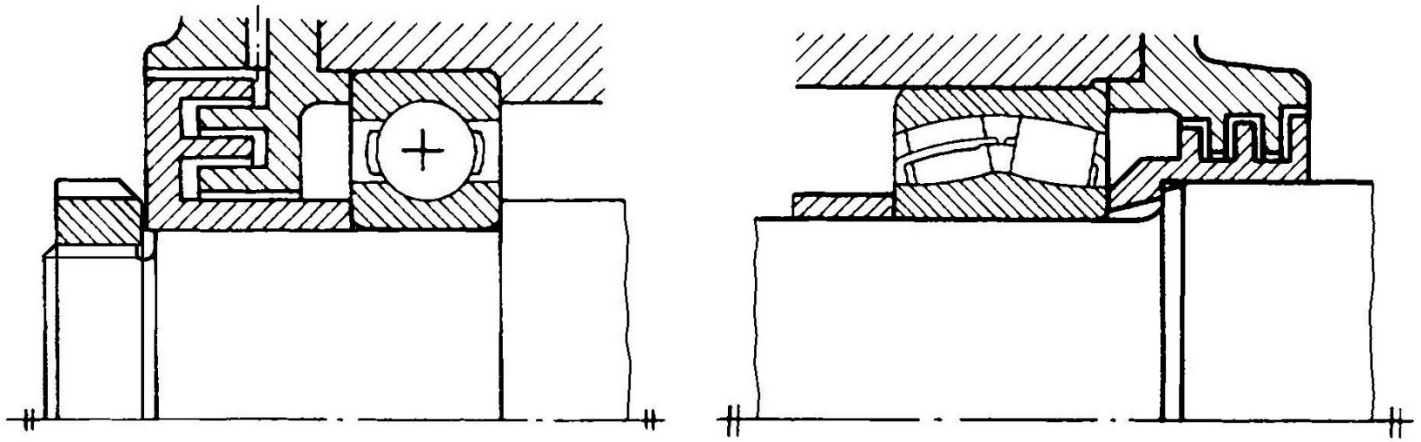
☺ verschleißfrei
☺ Dichtwirkung weitgehend werkstoffunabhängig
☺ gut geeignet bei hohen Drehzahlen
☹ nicht bei hohem Ölstand

Funktionsprinzip:

Flüssigkeit

- abschirmen
- abweisen
- abschleudern
- auffangen
- abführen

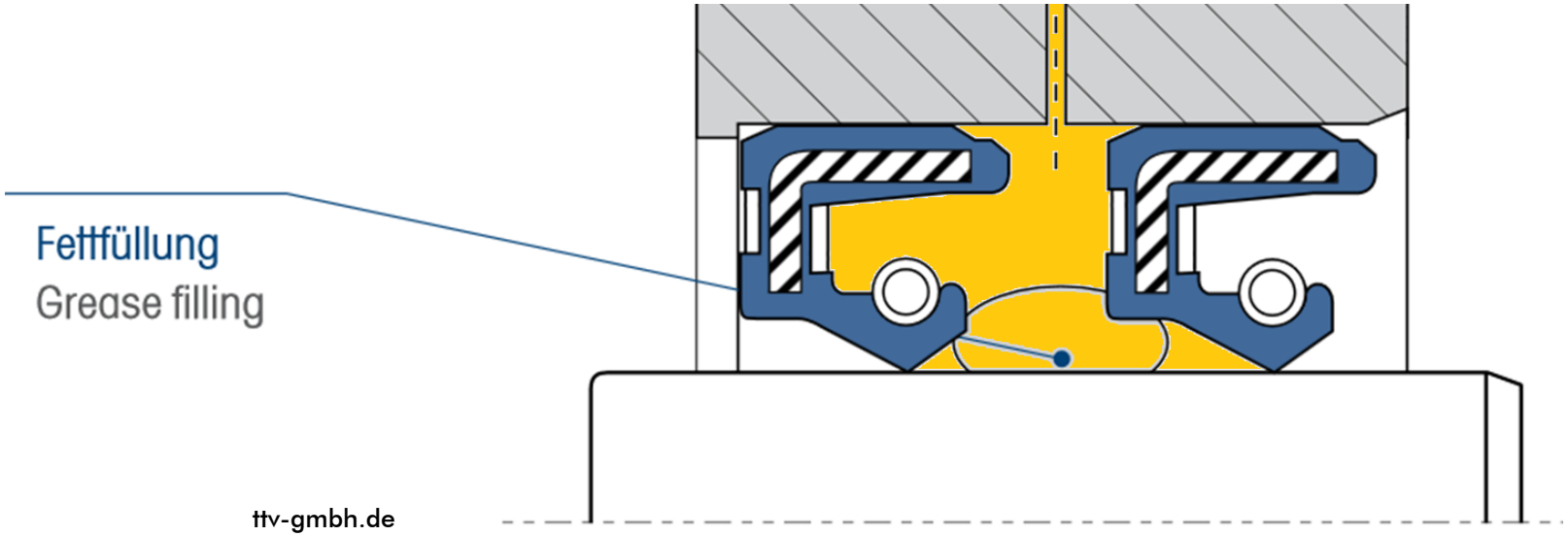
⇨ http://www.fachwissen-dichtungstechnik.de



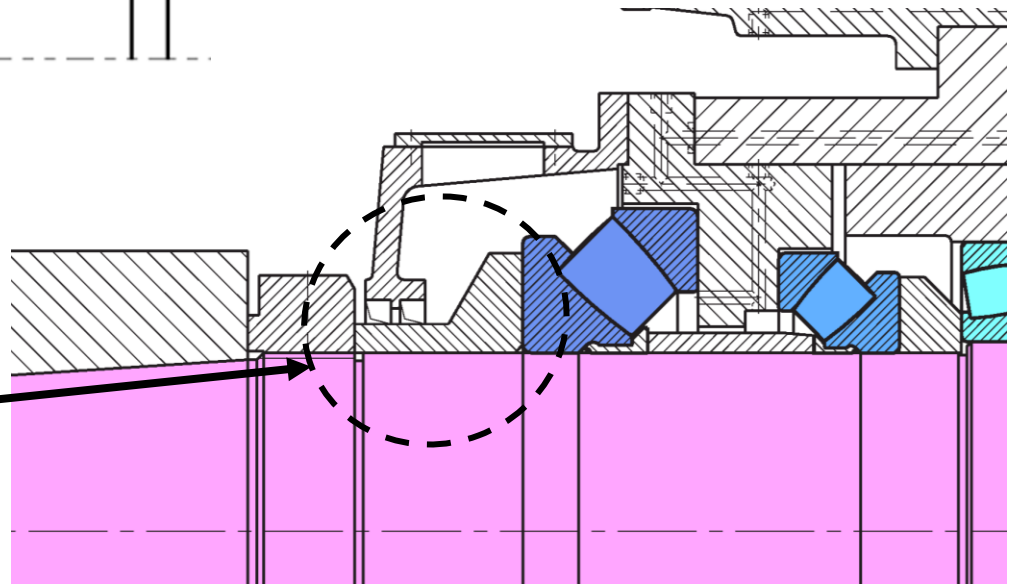
zusätzlich: Rücklauf des abgeschleuderten Öls, Dichtung (O-Ring) an den Innenteilen !
rechts: radial geteiltes Außenteil
(RM B19-30)

©wd 4349

Schiffsgetriebe
Abdichtung am Propellerwellenanschluss



Hülse mit O-Ring!



©wd 4349

Schiffsgetriebe
Allgemein

Forderungen an den Antrieb

- geringe Lärmbelästigung
  - ⇨ Schrägverzahnung (Sprungüberdeckung!)

- hohe Wirtschaftlichkeit
  - ⇨ wartungsarm: hohe Lagerzuverlässigkeit (s. Angabe)

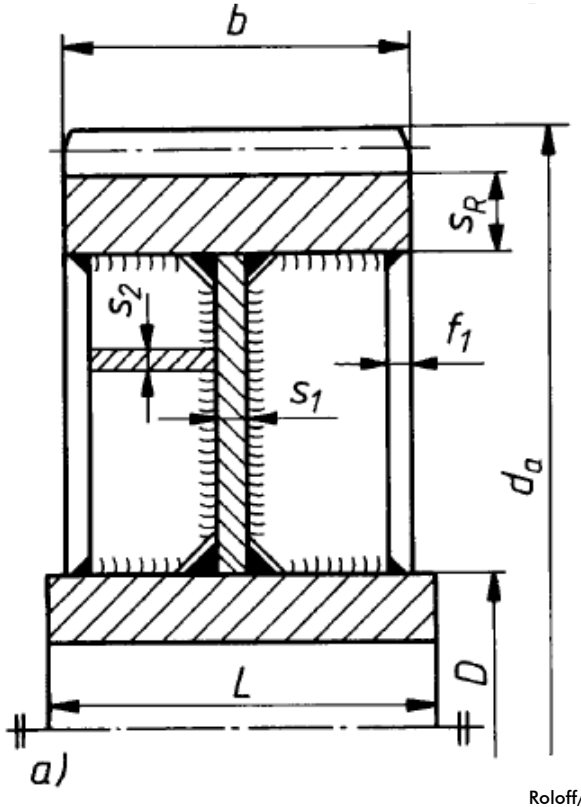
- geringe Massen
  - ⇨ Leichtbau
  - ⇨ einsatzgehärtete Verzahnungen, Leichtbau-Radkörper
  - ⇨ optimierte Gehäuse
    beanspruchungsgerechte Stahl-Schweißkonstruktion
    - eigenständige Lösung

©wd 4349

Zahnradgestaltung
Beispiel Großrad Schiffsgetriebe

große Räder: Schweißkonstruktion

kleinere Räder: Grundkörper gedreht



Roloff/Matek

Bild 20-19
Ausführung der Großräder in Schweißkonstruktion. $s_1 \approx (1 \ldots 2) \cdot m$, $s_2 \approx 0{,}7 \cdot m$, $s_3 \approx (0{,}8 \ldots 1{,}5) \cdot m$, $f_1 \approx 1{,}5 \cdot s_1$, $f_2 \approx 0{,}15 \cdot b$, $s_R \geq 3{,}5 \cdot m$; Nabenabmessungen D und L siehe TB 12-1*.

a) Einscheibenrad bis $b/d_a \approx 0{,}2$; je nach Größe des Rades 4 ... 8 seitliche Rippen erforderlich, wenn Schrägungwinkel $\beta > 10°$. Bei $\beta < 10°$ kann auf die Rippen verzichtet werden, s_1 in diesem Fall größer wählen

*eigene Rechnung beachten!

©wd 4349

Konstruktion

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

©wd 4349

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)

©wd 4349

Checkliste zum Testat "Entwurf"

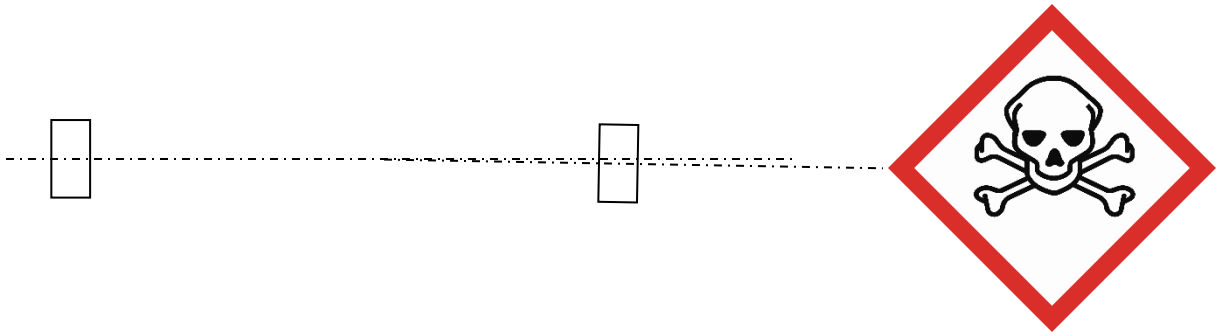
- Sind alle Wellen axial und radial gelagert?
- Sind alle Lagerungen axial und radial im Gehäuse festgelegt?
- Werden die Kräfte sauber ins Gehäuse eingeleitet?
- Sind alle nach außen reichenden Wellen abgedichtet?
- Ausreichend Abstand zwischen drehenden und nichtdrehenden Teilen?

©wd 4349

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!



©wd 4349

CAD- Tutorium

Termin, Ort: folgt

©wd 4349

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 !)

©wd 4349

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!

©wd 4349

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

©wd 4349

Abgabe Wellenberechnung

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

©wd 4349

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 Abgabeumfang
  (z.B. Drehmoment übertragende Teile, Schrauben, Ölhaushalt, ….), ggf. in Abstimmung mit Ihrem Betreuer
- Schrumpfsitz: übertragbares Moment unter Fliehkraft
  vergleichen mit Nennmoment!
- Merkblatt Abgabeumfang

©wd 4349

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?

©wd 4349

Entwurfszeichnung (Beispiel)

bei uns zusätzlich:

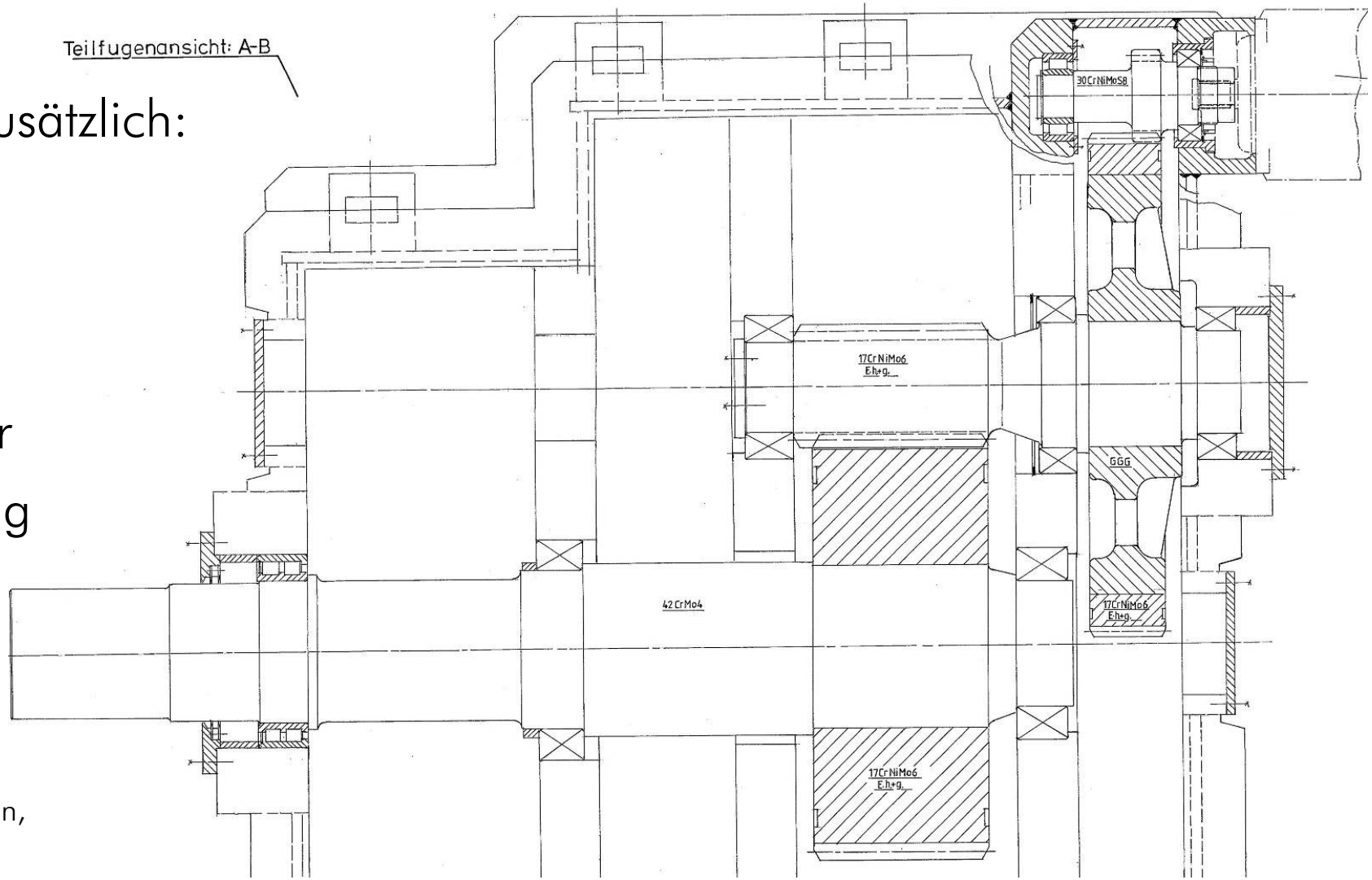
mit

wichtigen

Maßen,

alle Lager

vollständig



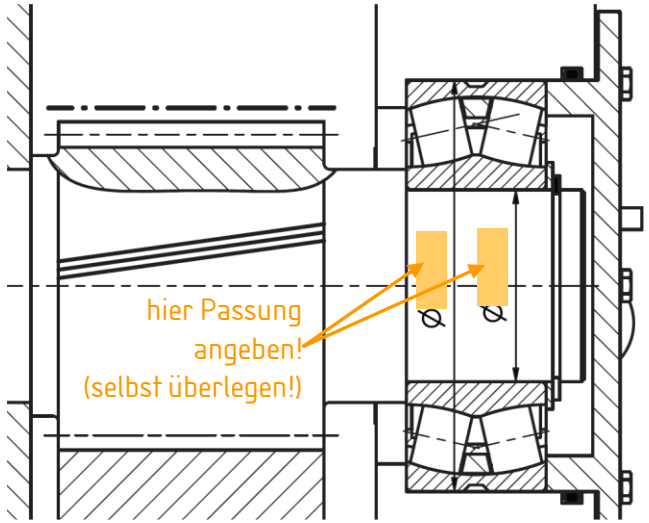
s. auch Hoischen, Kap 13.1.3

keine Einzelteilzeichnungen,

Rauheits- und Toleranzangaben im Entwurf nur an wichtigen Funktionsflächen!

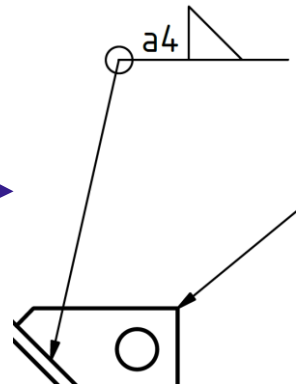
©wd 4349

Zeichnung
Beispiele – keine Musterlösung!



Schnitt in Wellenebene

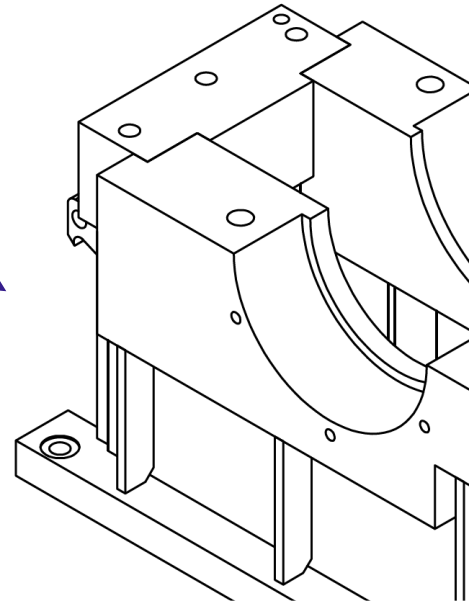
Schweißnaht →



Stückliste

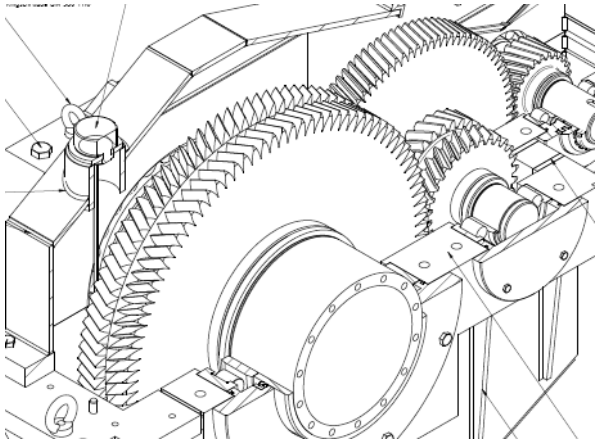
Kauf- und wichtige Normteile			
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	BESCHREIBUNG
1	1	NU 2208 ECJ	Zylinderrollenlager
2	1	NU 316 ECJ	Zylinderrollenlager
3	1	NU 212 ECP	Zylinderrollenlager
4	1	6313	Rillenkugellager
5	2	32008 X	Kegelrollenlager
6	2	33112	Kegelrollenlager
7	1	DIN 471 - 65x2,5	Sicherungsring
8	1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

Gehäuseteil 3D, auch Innengestaltung sichtbar →

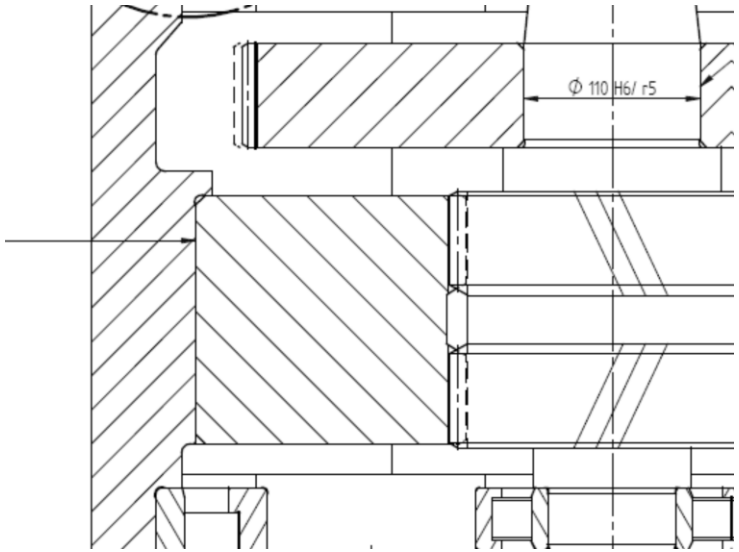


©wd 4349

Darstellung Zahnrad in 3D-CAD



- schön, aber…

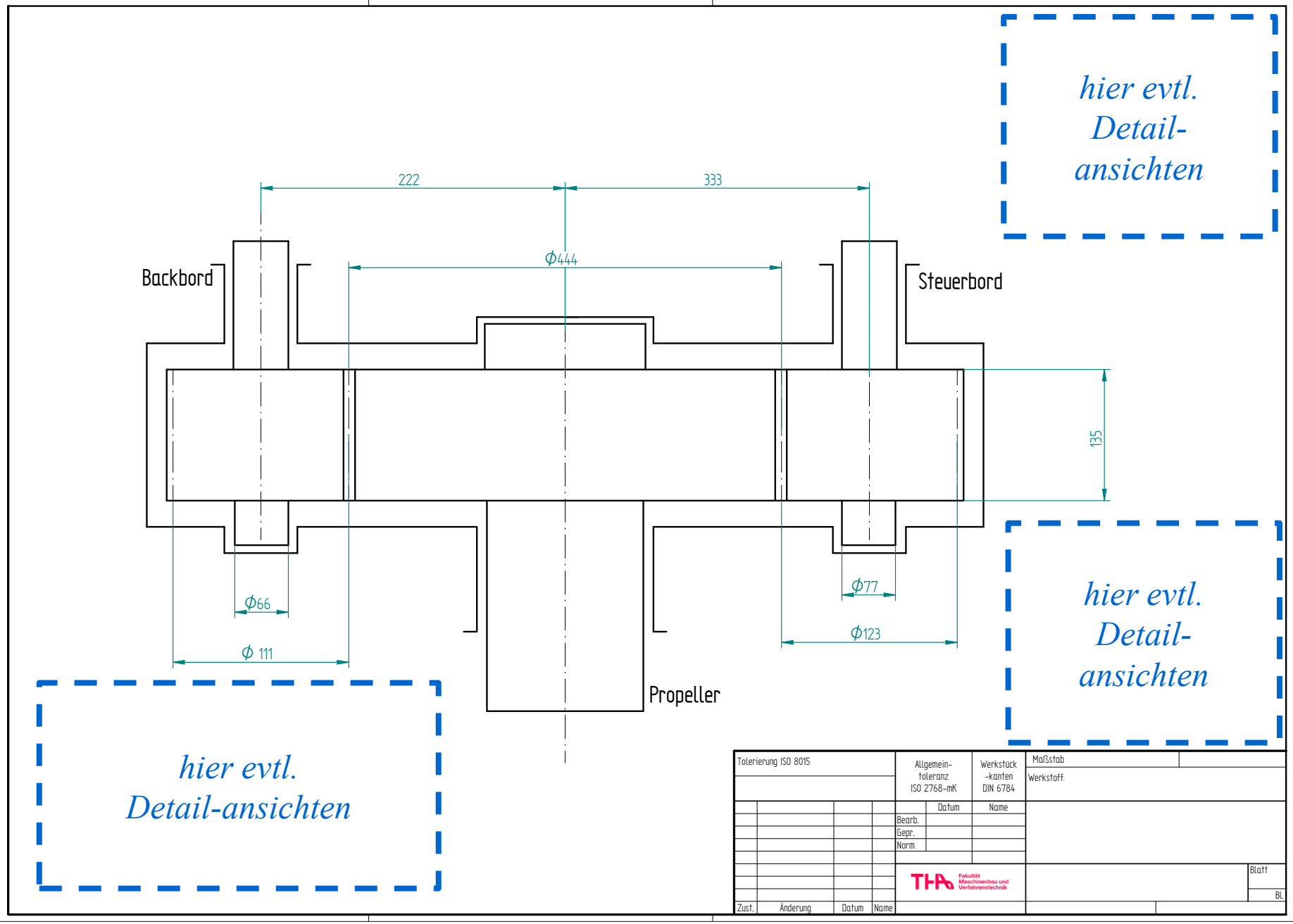


- besser, normgerecht! (Hoischen!)

- →CAD-Tutorium (?)

©wd 4349

Anordnung auf der Zeichnung



©wd 4349

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: Abgabeumfang

©wd 4349

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 Teilfugenebene positioniert,
  nicht geschnitten, Lagerringe eng schraffiert.

  Schraffurabstand den Bauteilen angepasst
  (große Teile weit schraffiert, kleine Teile eng schraffiert)
  Schraffurwinkel: **+-45°**

©wd 4349

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 1704"

- 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!

©wd 4349

Abgabe
Plot / Zeichnung

- PDF-Qualität ?

- Schraffur: ±45°!

©wd 4349

BACKUP

- Daten sichern!

©wd 4349