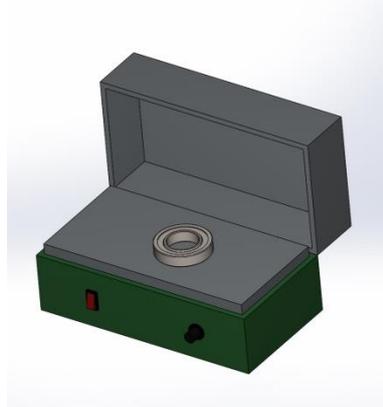


Lager durch Erwärmung montieren



Fach	Bauelemente
Jahrgangsstufe	11
Lernfeld	LF 7: Montieren von technischen Teilsystemen Die vorliegende Unterrichtseinheit ist in besonderer Weise geeignet, die fachpraktischen Lerninhalte (fpL) abzudecken
Querverweise zu weiteren Lernfeldern des Lehrplans	LF 1: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen LF 2: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen
Zeitraumen	2 Unterrichtsstunden
Benötigtes Material	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsblätter mit Anlagen, Tabellenbuch • Zylinderrollenlager DIN 5412 - NU 211 • Möglichkeit zum Anwärmen von Wälzlagern, z.B. Wärmeplatte, Induktionsanwärmgerät, evtl. Ölbad oder Härteofen (falls nichts anderes verfügbar) • Infrarotthermometer oder Kontaktthermometer im Messbereich von etwa 0°C – 150°C • ausreichende Anzahl sauberer Hitzeschutzhandschuhe • Messmittel: geeignete Messmittel für den Innendurchmesser 55mm (Skalenteilungswert mindestens 1/100mm, besser 1/1000mm) • Exceltabelle „Längenänderung“ mebis Link für die Lehrkraft,



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Industriemechaniker/in, Bauelemente, LF 7, Jahrgangsstufe 11

	<p>um schnell die Versuchsergebnisse der Lernenden zu überprüfen</p> <ul style="list-style-type: none">• nach Möglichkeit: Pumpenwelle gemäß Zeichnung (hier kann evtl. ein Dualer Partner zur Zusammenarbeit gewonnen werden, indem er die Welle als Übungsstück herstellen lässt)• Wenn die Welle vorhanden ist und eine Montage abschließend durchgeführt werden soll:<ul style="list-style-type: none">○ Feinzeiger mit Stativ und Endmaßzusammenstellung 55mm○ Für den Innenring des Lagers NU 211 geeigneten Anwärmring (auch hier ist möglicherweise eine Fertigung in Kooperation mit einem dualen Partner denkbar)
--	---

Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- planen die Montage von technischen Teilsystemen. Mit Hilfe von technischen Zeichnungen, Anordnungsplänen und Stücklisten führen sie eine Funktionsanalyse durch.
- Die Schülerinnen und Schüler ermitteln die für die Montage notwendigen Kennwerte, wählen die erforderlichen Werkzeuge und Hilfsmittel aus und montieren die Baugruppen.



Phasen der vollständigen Handlung

1. Orientieren:

Die Schülerinnen und Schüler haben einen Überblick über die durchzuführende Instandsetzungsarbeit

2. Informieren:

Die Lernenden informieren sich (ggf. mit Unterstützung der Lehrperson) über geeignete Arten der Lagermontage und –demontage. Sie informieren sich weiterhin über die Formeln zur Längenausdehnung durch Erwärmung.

3. Planen:

Die Schülerinnen und Schüler bestimmen rechnerisch den zu erwartenden Fügezustand von Welle und Lager im kalten Zustand und bei erwärmtem Innenring und planen auf dieser Grundlage den Tausch des Innenrings.

4. Durchführen:

Die Lernenden messen die Längenausdehnung des Innendurchmessers des Lagerinnenrings im Versuch bei verschiedenen Temperaturen und vergleichen die gemessenen Werte mit den rechnerisch zu erwartenden Werten.
Wenn die Welle vorhanden ist, führen sie die Demontage und Montage fachgerecht durch.

5. Kontrollieren und Bewerten:

Die Schülerinnen und Schüler vergleichen die Versuchsergebnisse mit den rechnerischen Werten, ermitteln mögliche Ursachen für Abweichungen und kontrollieren (wenn die Welle vorhanden ist) die praktische Durchführbarkeit des Arbeitsplans.

Aufgabe

Montage von Wälzlagern durch Erwärmung

An der im Schnitt schematisch dargestellten Kreiselpumpe (Darstellung ohne Laufrad) muss das Zylinderrollenlager (Pos. 3) getauscht werden. Die Montageanleitung des Herstellers (Anlage 1) sieht einen Einbau im angewärmten Zustand vor.

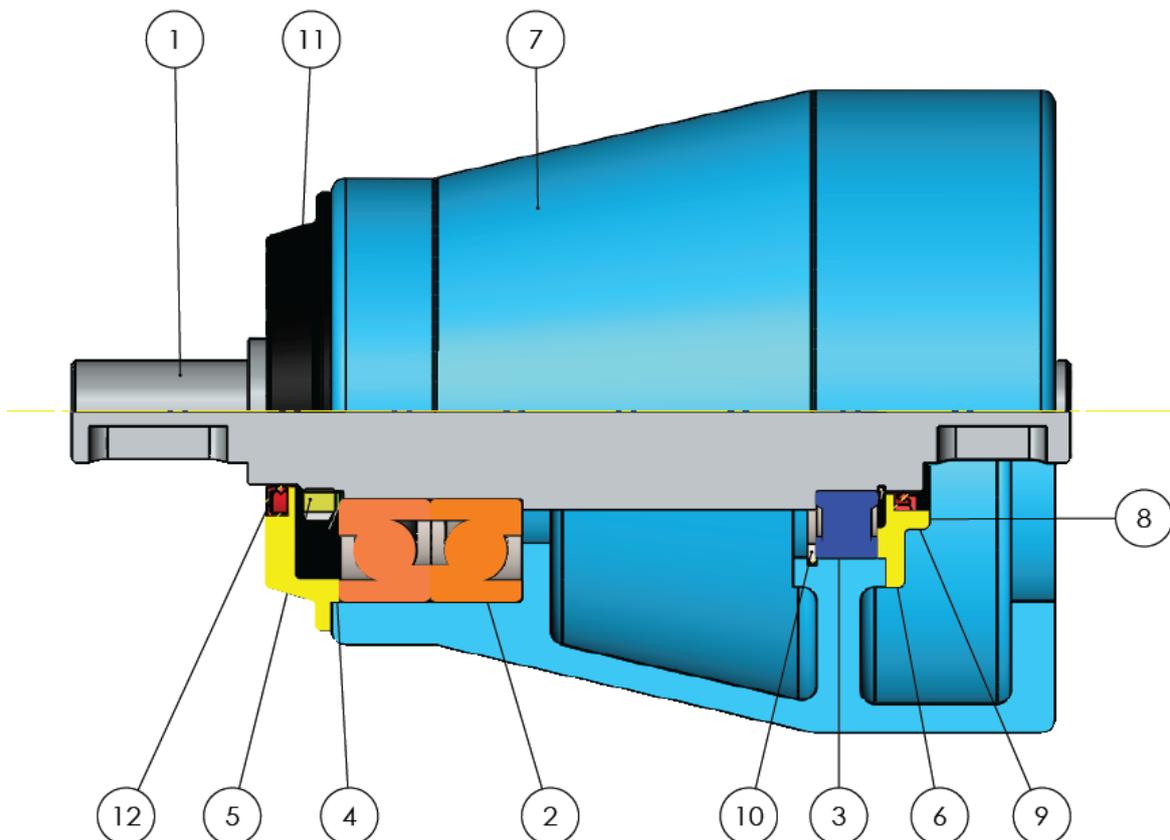


Abbildung 1: Kreiselpumpe 6.314.0.0.0.0.0

Pos.	Benennung	Beschreibung	Menge
12	Radialwellendichtring	RWDR DIN 3760-A50x72x8 - NBR	1
11	Lagerdeckel 2	2.312.1.0.0.0.0	1
10	Sicherungsring	Sicherungsring DIN 472 – 100x3	1
9	Lagerdeckel 1	2.311.1.0.0.0.0	1
8	Radialwellendichtring	RWDR DIN 3760-A50x68x8 - NBR	1
7	Pumpengehäuse	5.313.0.0.0.0.0	1
6	Sicherungsring	Sicherungsring DIN 471 – 55x2	1
5	Wellenmutter	Nutmutter DIN 981 – KM11	1
4	Sicherungsblech	Sicherungsblech DIN 5406 - MB11	1
3	Zylinderrollenlager	DIN 5412 NU 211	1
2	Schrägkugellager	DIN 628 – 7312B	2
1	Pumpenwelle	2.310.1.1.0.0.0	1



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Industriemechaniker/in, Bauelemente, LF 7, Jahrgangsstufe 11

Aufgabe:

Bestimmen Sie die Passung zwischen Pumpenwelle und Zylinderrollenlager durch Berechnung. Die Technischen Unterlagen für die Welle und das Zylinderlager befinden sich im Anhang.

Geg:

Ges.:

Lsg.:

Bei Wälzlagern wird einer der beiden Ringe (der mit Umfangslast) immer mit einer Übermaßpassung gefügt. Dadurch können Probleme entstehen:

Um dieses Problem zu lösen, kann man durch Erwärmen (Bohrung) oder Abkühlen (Welle) das Maß bei der Montage verändern. Die Montagetemperatur wird normalerweise in der Montageanweisung vorgeschrieben. Die Temperaturänderung erfolgt durch:

Aufgabe:

Überprüfen Sie die Wirksamkeit der Erwärmung, indem Sie die entstandene Passung der Welle mit dem nach Herstellervorschrift erwärmten Lager bestimmen. Schlagen Sie die Formel für die Durchmesseränderung bei Erwärmung im Tabellenbuch nach und übernehmen Sie sie.

Tipp: Der Durchmesser ist letztlich auch eine Länge. Für die Berechnung gilt die Längenänderung in allen drei Raumrichtungen...

Formel zur Berechnung der Durchmesseränderung:

Formelzeichen	Erklärung	Wert für Stahl



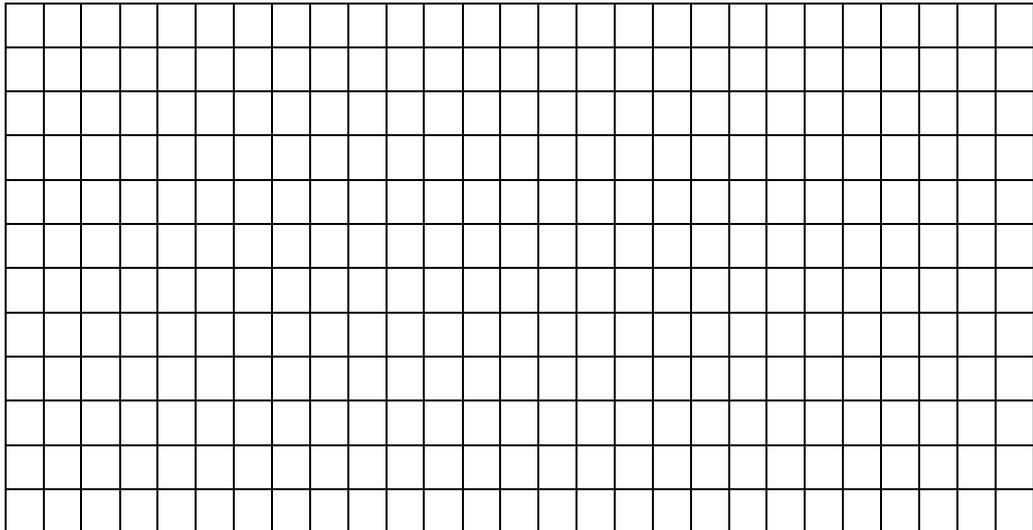
Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Industriemechaniker/in, Bauelemente, LF 7, Jahrgangsstufe 11

Geg:

Ges.:

Lsg.:



Arbeitsplan:

Erstelle für den Wälzlagertausch an der demontierten Welle einen Arbeitsplan anhand der Herstellerunterlagen:

Ablauf:	Vorgang	benötigtes Hilfsmittel / Werkzeug	Prozessdaten



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Industriemechaniker/in, Bauelemente, LF 7, Jahrgangsstufe 11

Überprüfen Sie die Richtigkeit der theoretischen Überlegungen durch den folgenden

Versuch:

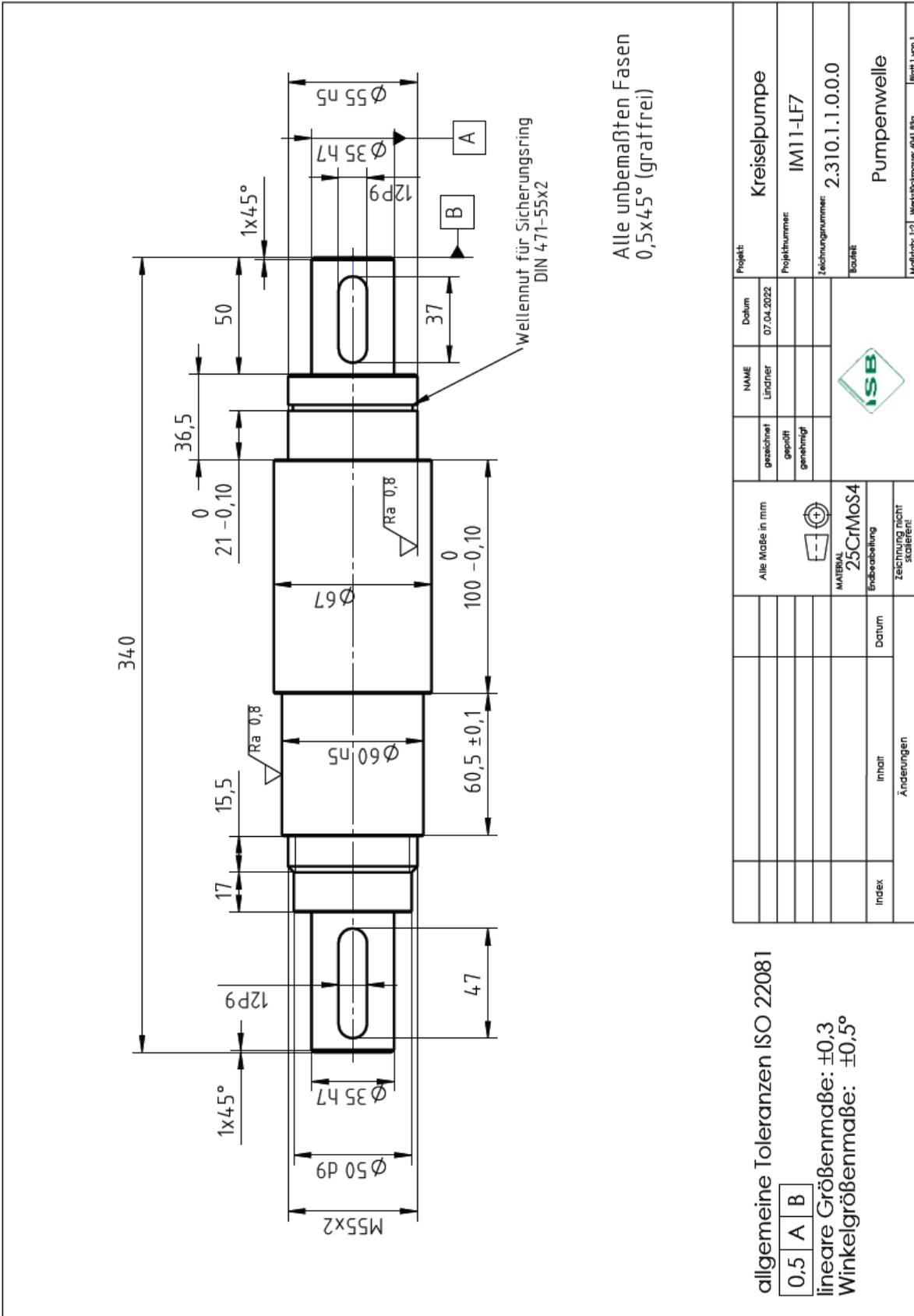
1. Tragen Sie die Lagerbezeichnung in die Tabelle ein;
2. Ermitteln Sie die Temperatur T_1 des Innenrings bei Raumtemperatur mit dem bereitgestellten Thermometer und tragen Sie sie in die Tabelle ein;
3. Messen Sie den Durchmesser d_1 am Innendurchmesser mit dem ausgelegten Messmittel und notieren Sie den Wert in die Tabelle;
4. Erwärmen Sie den Innenring mit den ausgelegten Hilfsmitteln nacheinander auf etwa **50°C, 80°C und 110°C**;
5. Bestimmen Sie jeweils die genaue Temperatur T_2 mit dem Thermometer und trage sie in die Tabelle ein;
6. Messen Sie den jeweiligen Durchmesser d_2 am Innendurchmesser, notieren Sie den Wert in die Tabelle;
7. Berechnen Sie die Messwerte nach und überprüfen Sie, ob die gemessenen und berechneten Werte übereinstimmen.
Machen Sie sich ggf. in der Gruppe Gedanken, wie es zu einer eventuellen Abweichung kommt.

Versuchsprotokoll:

Lagerbezeichnung:		Messmittel:			
$T_1 =$	$d_1 =$				
Versuchswerte			Werte nach Formel		
T_2 [°C]	d_2 [mm]	ΔT [K]	Δd [mm]	$\Delta d_{\text{berechnet}}$ [mm]	Unterschied Berechnung / Messung?

Mögliche Einflüsse auf Messfehler:

Anlage 1: Pumpenwelle (Achtung! Zeichnung ist aus Layoutgründen nicht maßstäblich!)



Anlage 2: Technische Informationen Zylinderrollenlager

Zylinderrollenlager NU 211 ECP

Technische Informationen für Konstruktion und Einbau

BWAG

Bayerische
Wälzlager AG

Abmessungen und Einsatzrichtwerte

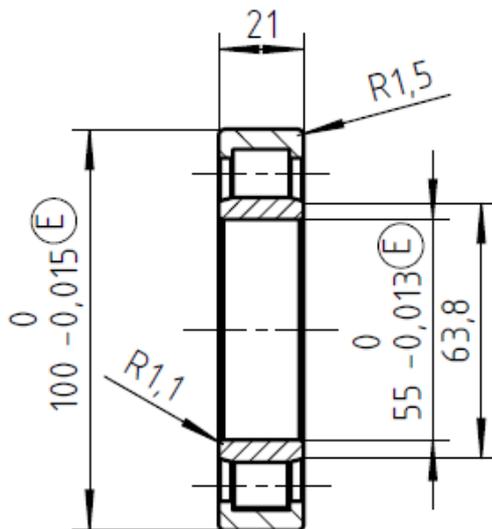


Abb. 1: wichtige Maße

Dynamische Tragzahl C	83 kN
Statische Tragzahl C ₀	95kN
Drehzahl (Normalbetrieb)	max 7500 1/min
Grenzdrehzahl	7900 1/min
maximale Betriebstemperatur	150° C
Dauerbetriebstemperatur	120° C
Werkstoff	1.3505
(Laufringe und Wälzkörper):	(100 Cr6)
Werkstoff (Käfig):	Stahlblech



Einbauhinweise:

Einbauverfahren: Einbau im erwärmten Zustand empfohlen

Vorbereitungen: Lager muss bis unmittelbar vor dem Einbau in Originalverpackung verbleiben. Einbau nur in sauberer Umgebung, vor Feuchtigkeit geschützt.

Wellen, Gehäuse und Lager vor dem Einbau auf Beschädigungsfreiheit prüfen.

Maß- und Formgenauigkeit von Welle und Gehäuse kontrollieren, den Durchmesser des Lagersitzes in mindestens drei Ebenen an mindestens vier Stellen mit geeignetem Prüfmittel messen (Zweipunktmessung).

Lager und Lagersitze reinigen, von Korrosionsschutzmitteln befreien, auf die Lagerbohrung eine dünne Schicht Leichtöl auftragen.

Montage:

1. Lager anwärmen (ΔT zwischen Welle und Lager ca. 90K)

Erwärmung kann mittels induktivem Anwärmgerät oder Heizplatte erfolgen.

Eine Erwärmung im Ölbad wird nicht mehr empfohlen. In jedem Fall ist hier auf sauberes Öl mit ausreichend hohem Flammpunkt zu achten. Die Anwärmdauer ist hier sehr groß.

Auf keinen Fall mit offener Flamme erwärmen (kein Schweißbrenner!)

2. Den Innenring auf die Welle schieben und an der vorgesehenen Position sichern, bis er ausreichend abgekühlt ist, so dass er sich nicht mehr bewegt.

3. Den Außenring mit den Wälzkörpern auf den Innenring schieben. Dabei die Welle oder den Außenring drehen. Ggf. eine Führungshülse verwenden.

4. Den Außenring im Gehäuse an die vorgesehene Position schieben und sichern

5. Laufbahn und Rollen vor dem Einbau schmieren. Beachten Sie dazu unseren Leitfaden zur Schmierfettauswahl.

Demontage:

Der Außenring wird aus dem Gehäuse entnommen, nachdem die Sicherungselemente entfernt wurden.

Für die Demontage des Innenrings empfehlen wir die Verwendung des Anwärmrings BWAG - NU 211. Der Aluminiumring sollte gleichmäßig auf 275°C (keine punktuelle Anwärmung, vor allem keine Anwärmung mit offener Flamme, um Gefügeschäden zu vermeiden!) erwärmt werden. Dabei ist die Temperatur mit einem Infrarot- oder Kontaktthermometer, das für diese Temperaturen ausgelegt ist, zu kontrollieren.

Der erwärmte Aluminiumring wird auf den inneren Lagerring aufgeschoben, an den Griffen zusammengedrückt und nach kurzer Wartezeit –

wenn sich der Lagerring bewegen lässt - mit leichtem Zug ohne zu Verkanten mit dem Lagerring abgezogen.

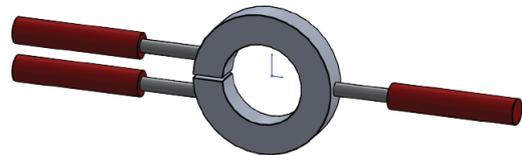


Abb. 2: Anwärmring BWAG - NU 211

Unfallverhütung: Achtung, heiße Bauteile! Verbrennungsgefahr!

Bei der Erwärmung und Montage sind geeignete, saubere Hitzeschutzhandschuhe zu tragen.

Auf Rutschgefahr durch Fette Schmierstoffe achten, verschüttete Schmiermittel müssen sofort aufgenommen werden.

Bei Verwendung eines Ölbad auf Gefahren durch Spritzer achten.

Reste ordnungsgemäß entsorgen.



Lösung

Aufgabe:

Bestimmen Sie die Passung zwischen Pumpenwelle und Zylinderrollenlager durch Berechnung. Die Technischen Unterlagen für die Welle und das Zylinderlager befinden sich im Anhang.

Geg: $G_{oW} = 55,033\text{mm}$, $G_{uW} = 55,020\text{mm}$, $G_{oB} = 55,000\text{mm}$; $G_{uB} = 54,987\text{mm}$

Ges.: Grenzmaße der Passung

Lsg.: $G_{oB} - G_{uW} = 55,000\text{mm} - 55,020\text{mm} = -0,020\text{mm} < 0 \Rightarrow P_{\text{ÜM}}$
 $G_{uB} - G_{oW} = 54,987\text{mm} - 55,033\text{mm} = -0,046\text{mm} < 0 \Rightarrow P_{\text{ÜH}}$
 \Rightarrow Übermaßpassung

Bei Wälzlagern wird einer der beiden Ringe (der mit Umfangslast) immer mit einer Übermaßpassung gefügt. Dadurch können Probleme entstehen:

- Beim Aufschieben werden Unebenheiten verringert, dadurch ändert sich das echte Maß;
- Bei großen Lagern reicht die Kraft zum Aufschieben nicht aus;

Um dieses Problem zu lösen, kann man durch Erwärmen (Bohrung) oder Abkühlen (Welle) das Maß bei der Montage verändern. Die Montagetemperatur wird normalerweise in der Montageanweisung vorgeschrieben. Die Temperaturänderung erfolgt durch:

- Erwärmen auf einer Wärmeplatte / im Ofen
- Erwärmen durch Induktion
- Erwärmen im Ölbad (nicht mehr empfohlen)

Aufgabe:

Überprüfen Sie die Wirksamkeit der Erwärmung, indem Sie die entstandene Passung der Welle mit dem nach Herstellervorschrift erwärmten Lager bestimmen. Schlagen Sie die Formel für die Durchmesseränderung bei Erwärmung im Tabellenbuch nach und übernehmen Sie sie.

Tipp: Der Durchmesser ist letztlich auch eine Länge. Für die Berechnung gilt die Längenänderung in allen drei Raumrichtungen...

Formel zur Berechnung der Durchmesseränderung:

$$\Delta d = d_1 \cdot \Delta T \cdot \alpha$$

Formelzeichen	Erklärung	Wert für Stahl
d_1	Durchmesser vor Erwärmung	
Δd	Durchmesseränderung	
ΔT	Temperaturänderung	
α	Längenausdehnungskoeffizient	0,0000161 1/K



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Industriemechaniker/in, Bauelemente, LF 7, Jahrgangsstufe 11

Geg: $G_{oW} = 55,033\text{mm}$, $G_{uW} = 55,020\text{mm}$, $G_{oB} = 55,000\text{mm}$;
 $G_{uB} = 54,987\text{mm}$; $\alpha = 0,0000161 \text{ 1/K}$; $\Delta T = 90\text{K}$

Ges.: Grenzmaße der Passung, $G_{oB\Delta T}$; $G_{uB\Delta T}$; Δd

Lsg.: $\Delta d = d_1 \cdot \Delta T \cdot \alpha$

$$\Delta d = 55\text{mm} \cdot 90\text{K} \cdot 0,0000161 \text{ 1/K}$$

$$\Delta d = 0,08 \text{ mm}$$

(Hinweis: da die Berechnung nur auf zwei gültige Ziffern genau erfolgt, ist die Berechnung nur für das Nennmaß notwendig!)

$$G_{oB\Delta T} = G_{oB} + \Delta d = 55,000\text{mm} + 0,08\text{mm} = \underline{55,08\text{mm}}$$

$$G_{uB\Delta T} = G_{uB} + \Delta d = 54,987\text{mm} + 0,08\text{mm} = \underline{55,067\text{mm}}$$

$$G_{oB} - G_{uW} = 55,080\text{mm} - 55,020\text{mm} = \underline{0,060\text{mm}} > 0 \Rightarrow P_{SH}$$

$$G_{uB} - G_{oW} = 55,067\text{mm} - 55,033\text{mm} = \underline{0,034\text{mm}} > 0 \Rightarrow P_{SM}$$

=> Spielpassung

Arbeitsplan:

Erstelle für den Wälzlageraustausch an der demontierten Welle einen Arbeitsplan anhand der Herstellerunterlagen:

Ablauf:	Vorgang	benötigtes Hilfsmittel / Werkzeug	Prozessdaten
1	Innenring erwärmen und abziehen	Anwärmring BWAG – NU 211, Heizplatte oder Induktionsanwärmgerät, Hitzeschutzhandschuhe	$t = 275 \text{ °C}$
2	Wellendurchmesser kontrollieren (4 Stellen, drei Ebenen)	Feinzeiger mit Stativ ($U_{zul} \leq 1/10 T!$)	
3	Lagersitz einölen	Leichtöl	
4	neuen Innenring erwärmen und einbauen	Heizplatte oder Induktionsanwärmgerät, Hitzeschutzhandschuhe	$\Delta T = 90\text{K}$



Quellen- und Abbildungsverzeichnis

Die Aufgabe und alle nicht anders gekennzeichneten Texte wurden für den Arbeitskreis „Umsetzungshilfe für Lehrkräfte zur Vermittlung von mathematischen und zeichnerischen Grundlagen im Rahmen des Lernfeldunterrichts“ am Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) erstellt. Alle Rechte für Bilder und Texte liegen beim ISB, München 2021.

- **Alle Abb. und technischen Darstellungen:** Lindner, Andreas