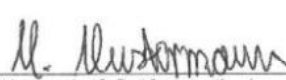
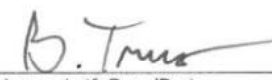
**DECKBLATT ZUR DOKUMENTATION**

Technische/r Produktdesigner/in

Fachrichtung: Maschinen- und Anlagenkonstruktion

Abschlussprüfung Teil 2 im Sommer 2020
Jahr

Titel des Auftrags:
Überholung eines Stirnradgetriebes

Max Mustermann	Musterfirma GmbH
Prüfungsteilnehmer/-in	Ausbildungs- oder Praktikumsbetrieb
200 00	B. Treuer
Prüfungsnummer	Pate/Patin
Musterstraße 1	Musterstraße 2
Straße	Straße
13 000 Berlin	13 000 Berlin
PLZ und Ort	PLZ und Ort
030/ 123 456	030/ 123 456 -78
Tel.-Nr.	Tel.-Nr.
m.mustermann@musterfirma.de	b.treuer@musterfirma.de
Email-Adresse	Email-Adresse
	
Unterschrift Prüfungsteilnehmer/in	Unterschrift Pate/Patin
Berlin, 13.06.2020	Berlin, den 13.06.2020
Ort, Datum	Ort, Datum

Dokumentation zum betrieblichen Beispielauftrag

„Überholung eines Stirnradgetriebes“

der Abschlussprüfung Teil 2 zum/r Technischen Produktdesigner/in – Maschinen-
und Anlagenkonstruktion

Inhaltsverzeichnis und Gliederung

- 1 Planung
 - 1.1 Lastenheft
 - 1.2 Pflichtenheft
 - 1.3 Aufgabenanalyse
 - 1.4 SOLL-Projektplanerstellung
 - 1.5 Informationsbeschaffung/ Recherche
- 2 Entwurf und Konzeption
 - 2.1 Ideenfindung zur Gehäusedeckelbefestigung
 - 2.2 Entwurfsskizzen
 - 2.3 Vergleichsmethodik der Varianten
 - 2.4 Lösungsfindung
 - 2.4.1 Begründung der Bewertung der Varianten
 - 2.4.2 Begründung der Faktorisierung der Bewertungskriterien
- 3 Ausarbeitung
 - 3.1 Änderung Gehäusedeckelbefestigung
 - 3.2 Auswahl und Einpflegen des Ölschauglases
 - 3.3 Laufbuchsen für die Radialwellendichtringe
 - 3.3.1 Materialauswahl für die Laufbuchsen
 - 3.3.2 Geometrische Gestaltung der Laufbuchsen
 - 3.4 Resultierende konstruktive Änderungen in der Baugruppe durch Laufbuchsen und Radialwellendichtringe umsetzen
 - 3.5 Rechnerischer Nachweis zur Lebensdauer der Lager
- 4 Dokumentationsabschluss
 - 4.1 IST-Projektplan
 - 4.2 Fazit
 - 4.3 Literatur- und Quellenverzeichnis
- 5 Anlagen

1 Planung

1.1 Lastenheft

Das Lastenheft [Anlage 5.6] mit den Anforderungen und den Anforderungsarten (Pflicht/ Ziel/ Wunsch) wurde vor Beginn des Projektes in Listenform mit der Hilfe des Betreuers im Unternehmen erstellt. Es diente während des Auftrages zur konkreten Orientierung an den Vorgaben und nach Abschluss der Recherche zur Erstellung des Pflichtenheftes [Anlage 5.7], indem zum Abschluss des Projektes konkrete Quellen vermerkt wurden.

1.2 Pflichtenheft

Das erstellte Pflichtenheft in tabellarischer Form ist in der Anlage [Anlage 5.7] zu finden. Es war unter Beachtung der Vorgaben des Auftraggebers möglich alle Forderungen des Lastenheftes zu erfüllen.

1.3 Aufgabenanalyse

Der betriebliche Auftrag der Abschlussprüfung Teil 2 soll durch Anwendung des Projektmanagements ausgeführt und dokumentiert werden. Der Auftrag soll erworbene konstruktionsmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten zeigen sowie normgerechtes Arbeiten nachweisen. Zu Beginn muss ein SOLL-Projektplan erstellt werden, in dem die zur Verfügung stehende Zeit von 70 Stunden auf die zu erfüllenden Teilaufgaben verteilt wird. Im Anschluss muss Recherche betrieben werden, um Lösungen für die Aufgaben aus dem Lastenheft zu finden. Dies beinhaltet mögliche Befestigungsalternativen für den Gehäusedeckel, Informationsbeschaffung zum Ölschauglas und Materialien für eine Laufbuchse. Es ist eine Variantenkonstruktion für die Gehäusedeckel gefordert, somit sind unterschiedliche Lösungen zu entwerfen, zu skizzieren/ veranschaulichen und anschließend durch die Anwendung eines methodischen Verfahrens zu bewerten. Die objektiv bestbewertete Lösung soll dann umgesetzt werden. Das Glas zum einfachen Kontrollieren des Öls und Füllstandes muss eingepflegt werden. Dafür ist sowohl die Füllstandshöhe im Gehäuse zu ermitteln als auch die Befestigung im Gehäuse zu wählen. Um Laufbuchsen unter den Radialwellendichtringen vorzusehen, muss ein passendes Material nach verschiedenen Aspekten fachgerecht gewählt werden. Die Geometrie der Laufbuchsen ist dann ebenfalls fachgerecht zu entwerfen und in die Baugruppe einzupflegen. Die

Konstruktionsgrundsätze der Verwendung von möglichst vielen Kauf-/ und Normteilen und der Änderung möglichst weniger Bauteile der Baugruppe sollen beachtet werden. Zusätzlich soll ein rechnerischer Nachweis der Lebensdauer der Lager erfolgen und abschließend das gesamte Projekt, die zugehörigen Unterlagen und Zeichnungen, dokumentiert werden. Dazu gehört die Erstellung eines Pflichtenheftes für den Kunden und die Ablage des IST-Projektplans mit den tatsächlichen Arbeitszeiten.

1.4 SOLL-Projektplanerstellung

Der Projektplan [Anlage 5.1] dient zur Auflistung aller in einem Projekt notwendigen Arbeitsschritte und Tätigkeiten und zur zeitlichen Kontrolle. Er wurde in die vier Phasen „Planung“, „Entwurf/ Konzeption“, „Ausarbeitung“ und „Dokumentation“ eingeteilt. In diesen Phasen wurden die einzelnen Schritte festgehalten und die vier Phasen mit je einem Meilenstein zur Kontrolle versehen.

1.5 Informationsbeschaffung/ Recherche

Da im Rahmen des betrieblichen Auftrages der Abschlussprüfung Teil 2 keinerlei Einschränkungen zur Nutzung von Quellen bestehen, wurde neben den aus der Ausbildung bekannten Quellen wie das Tabellenbuch und Fachkundebuch Metall vom Europa-Verlag zunächst das Internet genutzt. Da sich jedoch schnell herausstellte, dass die benötigten Informationen nicht oder schwer zu finden waren, wurde auch die im Konstruktionsbüro des Ausbildungsunternehmens zur Verfügung stehende Fachliteratur genutzt. Die genutzte Literatur ist im Literatur- und Quellenverzeichnis [siehe 4.4] aufgeführt. Es wurden zunächst Informationen über mögliche Alternativen zur Deckelbefestigung recherchiert, die auch mit dem Betreuer im Unternehmen besprochen wurden, welcher nützliche Tipps und Anstöße für Lösungsmöglichkeiten gab. Danach wurden Informationen über Ölschaugläser, deren Bauarten, Anforderungen und Lieferanten recherchiert. Hier mussten für die nötigen Informationen mehrere Quellen bemüht werden. Im Anschluss folgte die Recherche zu den Radialwellendichtringen und deren Einbauanforderungen. Es wurde zu allen Punkten Notizen erstellt, Links und Dateien aus dem Internet gespeichert und diese dann zur späteren Auftragsbearbeitung genutzt.

2 Entwurf und Konzeption

2.1 Ideenfindung zur Gehäusedeckelbefestigung

Die verschiedenen Lösungsideen resultieren aus der Recherche im Tabellenbuch, dem Internet, anderen Getrieben im Ausbildungsunternehmen und dem Gespräch mit dem Betreuer.

Variante 1 – Stiftschrauben

Die Variante entstand durch die Recherche im Tabellenbuch Metall [siehe 4.4]. Bei der Betrachtung der unterschiedlichen Arten von Schrauben und Schraubverbindungen war die Stiftschraube die einzige ohne Kopf. Im Buch „Maschinenelemente“ vom Springer-Verlag [siehe 4.4], welches im Ausbildungsunternehmen vorlag, waren die Arten der Schraubverbindungen dargestellt (siehe Abb. 1).

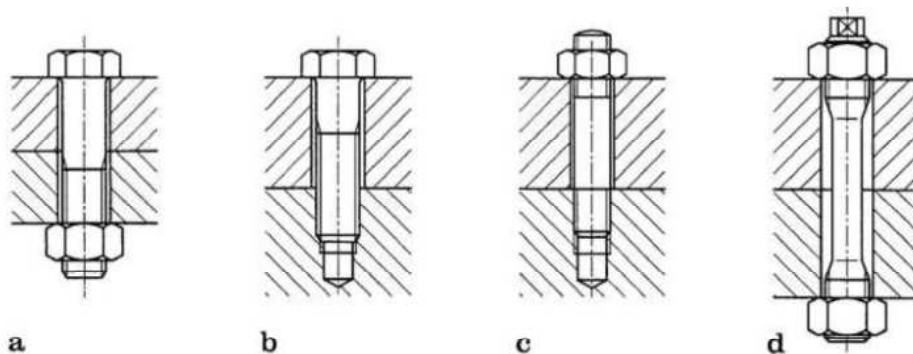


Abb. 2.92. Schraubenverbindungen: a) Durchsteckverbindungen; b) Einschraubverbindung; c) Einschraubverbindung mit Stiftschraube; d) Dehnschraubenverbindung

Abb. 1: Arten von Schraubverbindungen

Die Stiftschraubenverbindung hat den Vorteil, dass die Stiftschraube nicht jedes Mal komplett aus- und wieder eingeschraubt wird, wenn man das befestigte Werkstück löst, sondern nur die Mutter auf der Stiftschraube. Wenn bei Wartungsarbeiten der Deckel am Getriebe entfernt werden soll, wird dann nur das Außengewinde am Mutterende der Stiftschraube beansprucht. Das schont das Innengewinde im Getriebegehäuse. Bei Verschleiß des Außengewindes an der Stiftschraube muss dann nur die Stiftschraube getauscht werden. So entstand die erste Lösungsvariante 1 [Anlage 5.2].

Variante 2 – Verschlusschraube

Durch Sichtung anderer Getriebe im Ausbildungsunternehmen wurde die zweite Lösung gefunden. Oft sind an anderen Getrieben neben Schmiernippeln noch Füll- und Ablassschrauben vorhanden. Das vorliegende Getriebe hat zwar eine Verschlusschraube (Pos. 24) zum Ablassen des Öles, jedoch keine Füllschraube. Also wurde als Lösungsvariante 2 [Anlage 5.2] eine Schraube im Verschlussdeckel (Pos. 8) vorgesehen. Dadurch muss beim Nachfüllen des Öles nicht der Deckel abgeschraubt werden, was die Innengewinde im Getriebegehäuse zur Deckelbefestigung schont. Da möglichst viele Norm- und Kaufteile verwendet und wenige Änderungen vorgenommen werden sollen [Anlage 5.6], wurde die gleiche Verschlusschraube (Pos. 24) zum Füllen wie zum Ablassen genutzt.

Variante 3 – Helicoils

Die Lösungsvariante 3 [Anlage 5.2] entstand durch ein Gespräch mit dem Betreuer. Es wurde nach einer weiteren Möglichkeit gesucht, die sich von den bisher vorhandenen deutlich unterschied. Der Betreuer wies auf „Gewindeeinsätze“ hin. Bei der Recherche im Internet [siehe 4.4] gelangt man über den Wikipediaeintrag zu Gewindeeinsätzen zu den Helicoils von Firma Böllhoff. Diese haben den Vorteil, dass wenn das Gewinde durch das häufige Aus- und Einschrauben verschlissen ist, nur das Helicoil im Gehäuse getauscht werden muss. Es hätte ebenfalls den Vorteil, dass weder der Verschlussdeckel noch die Schrauben im Deckel des jetzigen Getriebes verändert oder getauscht werden müssten.

2.2 Entwurfsskizzen

Zur Veranschaulichung der verschiedenen Lösungsvorschläge wurden dieser Dokumentation erstellte Handskizzen angefügt [Anlage 5.2].

2.3 Vergleichsmethodik der Varianten

Um die Varianten miteinander zu vergleichen und anschließend eine fachlich fundierte Auswahl treffen zu können, müssen zunächst Kriterien für den Vergleich festgelegt werden. Als Bewertungskriterien wurden die Vorgaben aus dem Auftrag/ dem Lastenheft genommen und weitere Überlegungen im Rahmen der Konstruktion, Fertigung, Montage und des Projektmanagements getätigt.

Die festgelegten Bewertungskriterien sind:

- Anzahl der zu ändernden, bestehenden Bauteilen
Das Lastenheft [Anlage 5.6] fordert, dass möglichst wenig bestehende Bauteile geändert werden sollen. Es ist für ein deutliches und logisches Kriterium zur Unterscheidung der entworfenen Lösungen.
- Komplexität
Es ist ein Konstruktionsgrundsatz möglichst einfach zu entwerfen. Je aufwendiger bzw. je komplizierter eine Lösung ist, desto unattraktiver ist sie. Dies betrifft sowohl den Aufwand bei der Änderungskonstruktion, als auch die daraus resultierende Teilevielfalt in der Auftragsplanung.
- Fertigungsaufwand
Ähnlich wie der vorhergehende Punkt ist der Aufwand bei der Konstruktion zwar ein Aspekt, der Aufwand bei der letztendlichen Realisierung mittels der Fertigungstechnik jedoch ein anderer. Je nach Lösung kann sich der Aufwand und die Werkzeugvielfalt zur Herstellung der Komponenten unterscheiden.
- Montagefreundlichkeit/ Handhabbarkeit
Ebenso wie bei den vorhergehenden beiden Punkten verhält es sich mit der Anwendung im späteren Einsatz. Je einfacher der Umgang mit einer Baugruppe beim Zusammenbau, der Wartung und Instandhaltung ist, desto besser sind sie für den Hersteller und den Kunden. Dabei geht es um die Anzahl der notwendigen Werkzeuge und Montagehilfen, eventuelle Sondervorrichtungen oder komplexe bzw. schwierige Montagevorgänge.
- Kosten
In die Kosten für die notwendigen Änderungen fließen zwar indirekt auch die Bewertungskriterien für die Komplexität und den Fertigungsaufwand der Konstruktion hinein, es ist jedoch vornehmlich der Preis der neu einzupflegenden Einzelteile, Kaufteile und Normteile.

2.4 Lösungsfindung

Um nun die beste Lösung zu ermitteln, wurde eine tabellarische Bewertungsmatrix gewählt. Die bestimmten Kriterien wurden dafür in eine Tabelle eingetragen und die drei Lösungsvarianten gegenübergestellt.

Die verschiedenen Varianten wurden mit Punkten von 1 bis 3 bewertet. 3 ist dabei die beste Bewertung und 1 die Schlechteste.

2.4.1 Begründung der Bewertungen der Varianten

Anzahl der zu ändernden, bestehenden Bauteile: Bei keiner der Lösungsvarianten sind viele Teile zu ändern. Bei den Varianten 2 und 3 sogar nur je eins – bei der Verschlusschraube (Lösungsvariante 2) nur der Verschlussdeckel (Pos. 8) und bei dem Helicoil (Lösungsvariante 3) nur das Gehäuse (Pos. 1). Deshalb haben diese beiden Varianten die Höchstpunktzahl bekommen. Da bei der Stiftschraube (Lösungsvariante 1) sowohl der Verschlussdeckel (Pos. 8) zu ändern ist, als auch das Gehäuse (Pos. 1), wurde hier eine mittlere Bewertung gegeben.

Komplexität: Hier ist die Lösungsvariante 2 am besten zu bewerten, da nur ein Gewinde in den vorhandenen Verschlussdeckel (Pos. 8) gefertigt werden muss. Die Variante 1 hat eine mittlere Punktzahl bekommen, weil es im Vergleich zur jetzigen Lösung mit „nur“ vier Schrauben dann vier Stiftschrauben und vier Muttern wären – also die Anzahl der verbindenden Teile höher ist. Variante 3 wurde aus diesem Grund ebenfalls zwei Punkte gegeben.

Fertigungsaufwand: Der Fertigungsaufwand ist bei der Lösungsvariante 1 am geringsten. Im Gegensatz zu den anderen Varianten kann hier die Geometrie des Verschlussdeckels (Pos. 8) sogar einfacher als derzeit gestaltet werden, weil die Senkungen für die Schraubenköpfe entfallen können. Das spart Zeit in der Werkstatt und schont das Werkzeug und die Maschinen. Die Lösungsvariante 2 ist von der Fertigung her aufwendiger als die bisherige Lösung, da zusätzlich ein Gewinde in den Verschlussdeckel (Pos. 8) geschnitten werden muss. Die Lösungsvariante 3 hat die schwächste Bewertung, da ein Helicoil nur in speziellen Helicoil-Gewinden montiert werden kann und ein Spezialwerkzeug benötigt wird [siehe 4.4] um diese zu montieren.

Montagefreundlichkeit/ Handhabbarkeit: Hier wurde der Lösungsvariante 3 die beste Bewertung gegeben, weil die Montage/ Demontage des Deckels im Betrieb und bei der Wartung identisch zu der jetzigen Lösung sind. Die Lösungsvariante 1 hat eine mittlere Bewertung bekommen, da statt dem Innensechskant Schlüsselweite 3 als einziges Werkzeug zum Montieren und Lösen aller Schrauben Pos. 20 und Pos. 21 bei dieser Lösung auch noch ein Gabel- bzw. Ringschlüssel für einen

Außensechskant an den Sechskantmuttern benötigt wird. Durch das zusätzlich benötigte Werkzeug wird die Handhabung etwas umständlicher, weshalb hier eine mittlere Bewertung vorgesehen wurde. Die Lösungsvariante 2 ist am schwächsten bewertet worden. Es wird zwar das gleiche Werkzeug wie zum Montieren und Lösen der Verschlusschraube (Pos. 24) benötigt, jedoch ist nach dem Lösen der Schraube nur eine kleine Öffnung im Deckel vorhanden – d.h. es besteht die Gefahr, dass das Öl beim Nachfüllen auf das Getriebe bzw. neben das Getriebe läuft, was eine unnötige Umweltbelastung hervorruft. Dies kann zwar durch Nutzung eines Trichters unterbunden werden, ist jedoch wieder ein zusätzlich benötigtes Hilfsmittel welches die Wartung verkompliziert.

Kosten: Bei den Kosten liegt die Lösungsvariante 3 hinter den anderen beiden Möglichkeiten. Helicoils sind teuer, benötigen spezielle Gewindebohrer und spezielles Werkzeug für die Montage. Da derzeit keine Helicoils im Ausbildungsunternehmen genutzt werden sind diese Werkzeuge nicht vorhanden und müssten extra angeschafft werden. Die anderen beiden Lösungen liegen gleichauf. Bei der Lösungsvariante 1 sind mit den Stiftschrauben und den Muttern zwar mehr Kaufteile verbaut und durch das zusätzliche Werkzeug (Ring- oder Gabelschlüssel) komplizierter zu montieren, bei der Lösungsvariante 2 ist jedoch ein zusätzliches Gewinde in den Verschlussdeckel (Pos. 8) zu schneiden, was zusätzliche Arbeit und Kosten bei der Fertigung erfordert.

Durch die Bewertung der Varianten wie beschrieben ergab sich folgendes Ergebnis:

	Variante 1 (Stiftschraube)	Variante 2 (Verschlusschraube)	Variante 3 (Helicoil)
Kriterium	Bewertung		
Anzahl der zu ändernden Bauteile	2	3	3
Komplexität	2	3	2
Fertigungsaufwand	3	2	1
Montagefreundlichkeit/ Handhabbarkeit	2	1	3
Kosten	2	2	1
Summe	<u>11</u>	<u>11</u>	<u>9</u>

Da sich in der ersten Bewertungsmatrix keine Variante als beste Lösung herausstellt, wurde beschlossen eine Faktorisierung der Kriterien vorzunehmen und die beiden punktgleichen Varianten 1 und 2 nochmal zu betrachten, um zu einem Ergebnis zu kommen.

2.4.2 Begründung der Faktorisierung der Bewertungskriterien

Anzahl der zu ändernden Bauteile: Da es laut Lastenheft [Anlage 5.6] eine konkrete Forderung war, wurde dies mit einem doppelten Faktor bewertet.

Komplexität: Da sie sich bei beiden Lösungsvarianten nur gering voneinander unterscheidet bekommt sie mit 0,5 nur einen geringen Faktor.

Fertigungsaufwand: Der Fertigungsaufwand wurde – wie auch die Montagefreundlichkeit/ Handhabbarkeit – mit einem Faktor von 1,5 versehen, da die Fertigung und der damit verbundene Aufwand für den Hersteller bzw. die Arbeit mit dem Getriebe im Einsatz für den Kunden von großer Bedeutung sind.

Kosten: Hier wurde der Fa

ktor von 1,0 belassen, weil im Vergleich zu den anderen Kriterien eine mittlere Priorität gesehen wurde. Dieses Kriterium hätte aus der 2. Tabelle auch komplett rausgelassen werden können, da beide Varianten hier punktgleich sind und somit das Kriterium „Kosten“ im zweiten Vergleich obsolet ist.

Durch die beschriebene Faktorisierung der Bewertungskriterien ergab sich folgendes Ergebnis:

		Variante 1 (Stiftschraube)	Variante 2 (Verschlusschraube)
Kriterium	Faktor	faktorierte Bewertung	
Anzahl der zu ändernden Bauteile	2	4	6
Komplexität	0,5	1	1,5
Fertigungsaufwand	1,5	4,5	3
Montagefreundlichkeit/ Handhabbarkeit	1,5	3	1,5
Kosten	1,0	2	2
faktorierte Summe		<u>14,5</u>	14

Das Ergebnis der Bewertungsmatrix nach Faktorisierung zeigt, dass die Variante 1 die beste Lösung ist. Sie wird deshalb in diesem Auftrag realisiert.

3 Ausarbeitung

3.1 Änderung Gehäusedeckelbefestigung

Nachdem die Lösungsvariante 1 mit den Stiftschrauben feststand, war im Anschluss die Teilerecherche durchzuführen. Laut Tabellenbuch Metall ist bei Werkstücken aus Gusseisen die Stiftschraube nach DIN 939 zu nutzen [siehe 4.4]. Der derzeitige Durchmesser der Befestigungsschrauben ist M4 bei der Festigkeitsklasse 8.8. Diese Werte wurden übernommen. Die Mindest-Nennlänge ergab sich aus der Verschlussdeckeldicke (Pos. 8), der Mutternhöhe für eine Sechskantmutter ISO 4032 – M4 und dem Gewindeüberhang von $\sim 2 \times P$. Dies ergibt in Summe 14,6 mm. Die kleinste Nennlänge der Stiftschraube laut Tabellenbuch Metall [siehe 4.4] von 20 mm wäre also ausreichend. Trotz ausführlicher Recherche bei mehreren Normteilanbietern wurden keine Stiftschraube M4 nach DIN 939 in der gesuchten Länge gefunden. Nach Rücksprache mit dem Betreuer ergab sich, dass wenn die gewünschte Größe nicht verfügbar ist, als Alternative eine M5 Stiftschraube genutzt werden kann – preislich wäre dies vergleichbar und die Anzahl der zu ändernden Teile würde sich nicht erhöhen. Die veränderte Mindest-Nennlänge durch den neuen Durchmesser betrug 16,3 mm. Es wurde eine Stiftschraube DIN 939 - M5 x 20 aus A4 Edelstahl gewählt [Anlage 5.3.1]. Im Anschluss wurde die dazu passende Mutter ISO 4032 - M5 - 8 verzinkt gewählt [Anlage 5.3.2].

Die Gewindebohrungen im Gehäuse (Pos. 1) wurden von M4 zu M5 geändert und die Gewindebohrungstiefe auf 10 mm gemäß der Vorgabe im Tabellenbuch Metall für Mindesteinschraubtiefen [siehe 4.4] angepasst. Danach wurden die Senkbohrungen im Verschlussdeckel (Pos. 8) zu Durchgangsbohrungen für ein M5 Gewinde nach EN 20273 [siehe 4.4] geändert. Beide Zeichnungen wurden in Rücksprache mit dem Betreuer nach ISO-GPS ausgeführt. Zuletzt wurden die geänderten Einzelteile in die Baugruppe eingepflegt, die M4 Schrauben (Pos. 20) durch die Stiftschrauben mit Muttern ausgetauscht und die Stückliste aktualisiert.

3.2 Auswahl und Einpflegen des Ölschauglases

Für das Ölschauglas war als Vorgabe aus dem Lastenheft bekannt, dass es sich auf Füllstandshöhe der Tauchschmierung befinden soll [Anlage 5.6]. Da die Position des Ölschauglases auf Höhe der Tauschschmierung zu Beginn nicht bekannt war, musste diese in der Planungsphase des Auftrages ermittelt werden. Zur Information wurde die im Ausbildungsunternehmen zur Verfügung stehende Literatur genutzt und die Angabe zur Tiefe der Tauschschmierung in Stirnradgetrieben in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit gefunden.

„Bei Stirnrädern mit dem Modul m soll die Eintauchtiefe $t = (3...6) \cdot m$ für $v < 5 \text{ m/s}$ und $t = (1...3) \cdot m$ für $v > 12 \text{ m/s}$ betragen.“ [siehe 4.4]

Durch die im Lastenheft [Anlage 5.6] gegebenen Nenndaten des Getriebes war die Eingangsrehzahl von $n_1 = 1800 \text{ min}^{-1}$ bekannt. Die Übersetzung beträgt $i = 2,82 : 1$ ($z_2 = 48 / z_1 = 17$, siehe Stückliste) und der Teilkreis d des Zahnrades (Pos. 5) beträgt $d = m \cdot z = 3 \text{ mm} \cdot 48 = 144 \text{ mm}$ (siehe Stückliste).

Ausgangsdrehzahl der Abtriebswelle (Pos. 3):

$$n_2 = n_1 / i = 1800 \text{ min}^{-1} / 2,82 = \underline{\underline{638 \text{ min}^{-1}}}$$

Umfangsgeschwindigkeit der Zähne am Teilkreis der Pos. 5:

$$v = \pi \cdot d \cdot n_2 = \pi \cdot 144 \text{ mm} \cdot 638 \text{ min}^{-1} = 288\,624 \text{ mm/min} = \underline{\underline{4,81 \text{ m/s}}}$$

Aus der Umfangsgeschwindigkeit von unter 5 m/s ergibt sich eine Eintauchtiefe der Tauchschmierung von $9 - 18 \text{ mm}$. Es wurde von einer mittleren Füllstandshöhe von 14 mm ausgegangen. Die Füllstandshöhe des Öles im Getriebe beträgt also 54 mm vom Fuß des Getriebes aus, was gleichzeitig den Mittelpunkt der Bohrung für das Schauglas ergibt.

Nun musste noch das Schauglas selbst ermittelt werden. Ölschaugläser sind als Kaufteile von verschiedenen Anbietern erhältlich. Laut Vorgabe im Lastenheft [Anlage 5.6] sollen möglichst viele Kauf- und Normteile verwendet werden. Diese Kaufteile gibt es zum Einpressen und Verschrauben – da die Schaugläser zum Verschrauben eine bessere Dichtigkeit besitzen wurden diese gewählt. Verfügbare Materialien sind Aluminium, Messing und Kunststoff (Polyamid) mit vergleichbaren Temperaturbeständigkeiten. Aus Kostengründen wurde Kunststoff gewählt, da diese Schaugläser am günstigsten sind. Zum Schluss war die Wahl zwischen einem Schauglas mit Reflektor oder ohne – dieser dient laut Aussage des Betreuers der

besseren Ablesbarkeit und ist hier nicht erforderlich. Es wurde ein Ölschauglas mit einem M16 x 1,5 Gewinde [Anlage 5.3.3] gewählt, weil die Verschlusschraube (Pos. 24) die gleiche Gewindegröße hat und damit kein neues Werkzeug zur Fertigung nötig wird. Bezogen wird es von der Firma Norelem, da diese ein Standardlieferant im Ausbildungsunternehmen ist.

3.3 Laufbuchsen für die Radialwellendichtringe

3.3.1 Materialauswahl für die Laufbuchsen

Bei der Recherche zu Beginn des Projektes wurde von der Firma Freudenberg – einem großen Hersteller für Dichtungen – das „Technische Handbuch“ [siehe 4.4] gefunden. Dort steht bei „Gestaltung der Welle“, dass für die Werkstoffe einer Welle auf der ein Wellendichtring läuft die Stähle C35 und C45, Gusswerkstoffe wie Kugelgraphit- und Temperguss, aufgespritzte Hartmetallschichten, Beschichtungen durch CVD- und PVD- Verfahren sowie anodisch aufgebrachte Schichten geeignet sind.

Aus Kostengründen wurde auf aufgespritzte Hartmetallschichten, CVD- und PVD-Verfahren sowie anodisch aufgebrachte Schichten verzichtet. Da es sich bei der Laufbuchse um ein günstiges Verschleißteil handelt, sind diese aufwendigen Verfahren nicht beachtenswert. Bei der Wahl zwischen unlegiertem Stahl und den Gusseisenarten sind die Eigenschaften der Werkstoffe zu betrachten. Die gelisteten Stähle haben im Vergleich zu den genannten Gusseisenwerkstoffen eine vergleichbare Festigkeit und Bruchdehnung, sind jedoch besser spanend bearbeitbar. Gusseisenwerkstoffe haben hingegen eine höhere Härte und eine gute Korrosionsbeständigkeit. Die Laufbuchse muss jedoch wegen der anspruchsvollen Geometrie (siehe Folgepunkt 3.3.2) spanend gefertigt werden und da der Werkstoff der Antriebs- und Abtriebswelle (Pos. 2 + 3) derzeit C45 ist, ist nicht davon auszugehen, dass eine besondere Korrosionsbeständigkeit erforderlich ist. Die Wahl fiel also auf einen Stahlwerkstoff. Nach Rücksprache mit der Fertigung befindet sich sowohl C35 als auch C45 auf Lager. Die Wahl fiel auf C35, da dieser wegen seiner geringeren Festigkeit leichter zu bearbeiten sein wird und damit das Werkzeug schont.

3.3.2 Geometrische Gestaltung der Laufbuchsen

Ebenfalls in dem „Technischen Handbuch“ der Firma Freudenberg [siehe 4.4] findet sich die Information wie die Geometrie für einen Radialwellendichtring beschaffen sein muss (siehe Abb. 2, Folgeseite). Diese Vorgabe wurde für die Außenfläche der Laufbuchse übernommen. Die Außenfläche bekommt eine hohe Oberflächengüte (R_z 1 bis R_z 5 drallfrei), damit die Dichtlippe beim Laufen nicht beschädigt wird. Die Montageseite ist abgeschrägt, gerundet und poliert um die Dichtlippe bei Montage nicht zu beschädigen.

Der Außendurchmesser der Buchse darf maximal 30 mm betragen, da dies der Durchmesser des nächsten Wellenabsatzes ist, auf dem die Lager Pos. 13 laufen. Der Innendurchmesser beträgt mindestens 22 mm, da dies der Absatz der Wellenschulter ist, an dem die Schmalkeilriemenscheibe

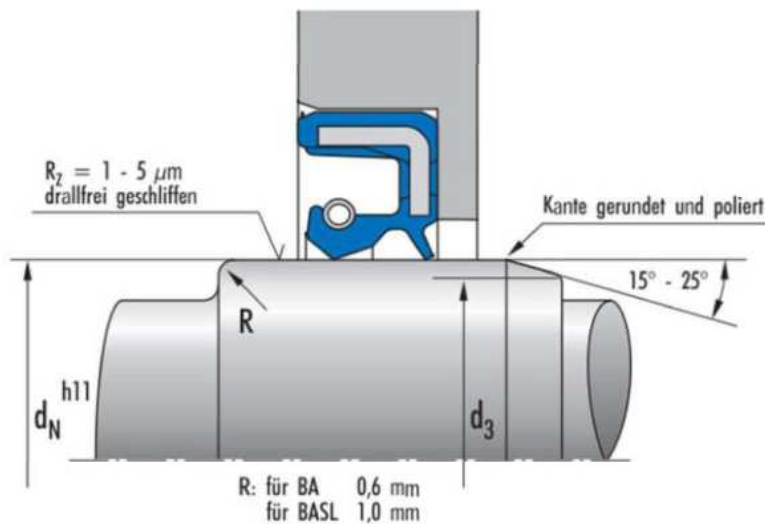


Abb.2: Wellengeometrie

(Pos. 11) auf der Antriebswelle (Pos. 2) anliegt. Um zu wissen wie dick die Laufbuchse mindestens sein muss, muss ermittelt werden wie tief die Laufstelle der Lippe in der Welle sein kann. Alles was dazu gefunden wurde, war im „Technischen Handbuch“ der Firma Freudenberg [siehe 4.4] die Angabe, dass die Überdeckung zwischen Wellen- und Dichtringinnendurchmesser bis zu 2,5 mm betragen kann – also 1,25 mm Tiefe umlaufend. Wenn das Einlaufen der Dichtung die Laufbuchse also nicht zerteilen soll, ist eine Stärke von 2,5 mm die in Absprache mit dem Betreuer festgelegte Mindestdicke. Im Tabellenbuch Metall [siehe 4.4] ist ersichtlich, dass es Radialwellendichtringe nach DIN 3760 in den Innendurchmessern 25, 28 und 30 gibt. Mit einem Außendurchmesser von 25 mm wäre die Buchse zu dünn (Dicke von nur 1,5 mm). Bei einem 30 mm Außendurchmesser der Buchse hätte der Dichtring eine Breite von 8 mm anstatt der jetzigen mit 7 mm – es wären also Änderungen in den Deckeln (Pos. 6) nötig. Um dies im Sinne des Lastenhefts

[Anlage 5.6] zu vermeiden, wurde der Außen-Ø von 28 mm bei 22 mm Innen-Ø der Buchse (Dicke = 3 mm) festgelegt. Der neue Radialwellendichtring [Anlage 5.3.5] wird ebenfalls vom Standardlieferant Firma Norelem bezogen und hat die gleichen Außenmaße bei neuem Innendurchmesser.

Als Passung für den Innendurchmesser des Laufringes wurde eine etwas festere Übermaßpassung gewählt, damit sich der Laufring im Betrieb nicht an der Dichtlippe festsetzt und sich die Welle darunter dreht. Die Passung H7 auf s6 wurde dem Tabellenbuch Metall [siehe 4.4] entnommen, da dies für „Gleitlagerbuchsen“ beispielhaft gegeben war. Für die Länge der Buchse wurde, von den beiden Wellenabsätzen der Antriebs- und Abtriebswelle (Pos. 2 + 3) auf dem der Dichtring derzeit läuft, die kürzere Länge von der Abtriebswelle (15 mm) übernommen. Damit passt eine Buchse auf beide Wellen. Der Längenunterschied kann durch einen Versatz des Wellenabsatzes, an dem die Laufbuchse auf der Antriebswelle anliegt, um 3 mm ausgeglichen werden, sodass der Dichtring später mittig auf der Buchse läuft.

3.4 Resultierende konstruktive Änderungen in der Baugruppe durch Laufbuchsen und Radialwellendichtringe umsetzen

Durch die günstige Wahl entstanden durch den Tausch des Radialwellendichtringes keine Änderungen an vorhandenen Teilen. Der Dichtring musste nur in der Stückliste getauscht werden. Nach Erstellung der Laufbuchse wurden die Absätze der Antriebs- und Abtriebswelle (Pos. 2 + 3) auf die dafür beschriebene Geometrie geändert. Wie im Unternehmen üblich, wurden die geplanten Änderungen an den Wellen vor Abschluss noch mit der Montage abgesprochen. Dort wurde darauf hingewiesen, dass die Buchse beim Tausch ohne spezielles Werkzeug schwierig abzuziehen sei. Nach Rücksprache, wie dies am besten zu lösen ist, wurde in Antriebs- und Abtriebswelle (Pos. 2 + 3) jeweils außenliegend eine Zentrierbohrung vorgesehen und die Fase an der Wellenschulter des Laufringes zu einer 20° Schräge geändert. Damit kann mittels eines Außenabziehers die Buchse bei der Wartung entfernt werden. Auf Hinweis des Betreuers im Unternehmen wurden alle Stücklistenangaben an aktuelle Normen angeglichen und die Zeichnungen der Wellen in Rücksprache mit ihm nach ISO-GPS ausgeführt. Die Bauteile wurden in die Baugruppe eingefügt und die neuen Zeichnungen [Anlage 5.5] erstellt.

3.5 Rechnerischer Nachweis zur Lebensdauer der Lager

Der rechnerische Nachweis einer Lebensdauer L_{10h} von mindestens 7000 Stunden konnte für den Kunden erbracht werden. Die Berechnungen befinden sich in der Anlage [Anlage 5.4].

4 Dokumentationsabschluss

4.1 IST-Projektplan

Der im Laufe des Projektes erstellte IST-Projektplan befindet sich in der Anlage [Anlage 5.8].

4.2 Fazit

Der Auftrag war vom Schwierigkeitsgrad her über einem normalen Arbeitsauftrag in meinem Ausbildungsbetrieb. Dies lag vornehmlich daran, dass ich möglichst selbständig arbeiten sollte und nur meinen Betreuer oder Kollegen/innen fragen sollte, wenn ich überhaupt nicht mehr weiterwusste. Der eigentliche Änderungsumfang war soweit mit einem üblichen Auftrag vergleichbar, jedoch hätte ich den Aufwand für die Dokumentation nicht erwartet. Allein die Erstellung und stetige Kontrolle der Dokumentation war viel zeitaufwendiger als gedacht. Dafür war das Führen des IST-Projektplanes mit kurzen Notizen recht unkompliziert. Ich hatte einen IST-Projektplan noch nie für ein Projekt geführt, da ich in meinem Ausbildungsbetrieb nicht damit arbeite. Im IST-Projektplan ist ersichtlich, dass mein 1. Meilenstein zu spät erfüllt wurde. Das resultierte aus der falschen Planung bei der Erstellung des SOLL-Projektplanes. Es schien für mich damals schlüssig, den 1. Meilenstein nach dem Abschluss der Planungsphase zu legen, ich legte jedoch die Recherche als Ganzes in die Projektphase „Planung“, was sich als unpraktisch herausstellte. In Zukunft würde ich auch in der Entwurfs- bzw. der Ausführungsphase Recherchezeiträume vorsehen und mehr Zeit für die Erstellung der technischen Dokumentation und dessen Kontrolle einplanen. Durch die Punktgleichwertigkeit der Lösungsvarianten 1 und 2 war ich gezwungen eine Faktorisierung zu nutzen. Das hätte ich nicht erwartet, da sich die beiden Lösungen für mich doch deutlich voneinander unterschieden. Die resultierende Lösung durch Einsatz einer Stiftschraube ist für mich überraschend einfach und erfüllt auf unkomplizierte Weise die Forderungen des Lastenheftes zur Reduzierung des Verschleißes, als auch der geringen Anzahl der zu ändernden Teile. Ich werde dies

in Zukunft als Einsatzmöglichkeit von vornherein in Betracht ziehen. Sehr interessant war die Arbeit mit anderen Quellen als im bisherigen Ausbildungsverlauf. Da ich nicht jedes Mal zu meinem Betreuer gehen konnte, wenn ich etwas nicht wusste, war ich gezwungen mich selbst zu informieren. Das war zeitaufwendig, aber sehr lehrreich. Ich denke ich werde bei zukünftigen Fragen auch eher die Fachbücher nutzen, wenn es die Zeit erlaubt.

4.3 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Stiftschrauben

Gomeringer, Roland; Heinzler, Max; Kilgus, Roland; Menges, Volker; Oesterle, Stefan; Rapp, Thomas; Scholer, Claudius; Stenzel, Andreas; Stephan, Andreas; Wieneke, Falko: *Tabellenbuch Metall: mit Formelsammlung*; 47. Aufl.; Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel Verlag, 2017. ISBN 978-3-808-51727-7. S. 224

- Schraubverbindungen

Haberhauer, Horst; Bodenstein, Ferdinand: *Maschinenelemente: Gestaltung, Berechnung, Anwendung*. 14. Aufl., Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 2007. -ISBN 978-3-540-34464-3. S. 178

- Gewindeeinsätze

Wikipedia: „Gewindeeinsatz“, unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Gewindeeinsatz> (abgerufen am 01.06.2020).

Böllhoff: „HELICOIL“, unter: <https://www.boellhoff.com/de-de/produkte-und-dienstleistungen/spezialverbindungselemente/gewindeeinsaetze-helicoil.php> (abgerufen am 01.06.2020).

- Einschraubtiefe und Durchgangsbohrungsdurchmesser M5

Gomeringer, Roland; Heinzler, Max; Kilgus, Roland; Menges, Volker; Oesterle, Stefan; Rapp, Thomas; Scholer, Claudius; Stenzel, Andreas; Stephan, Andreas; Wieneke, Falko: *Tabellenbuch Metall: mit Formelsammlung*; 47. Aufl.; Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel Verlag, 2017. ISBN 978-3-808-51727-7. S. 216

- Füllstandshöhe des Öles

Wittel, Herbert ; Muhs, Dieter ; Jannasch, Dieter ; Voßiek, Joachim: *Roloff/Matek Maschinenelemente : Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch*, 18. Aufl.. Wiesbaden: Vieweg-Verlag, 2007, ISBN 978-3-8348-0262-0. S. 688

- Überdeckung der Dichtlippe, Material und Geometrie der Laufbuchse

Technisches Handbuch Ausgabe 1:

„FREUDENBERG_www.ihb.ch_THB_2015.pdf“, unter:

<https://www.ihb.ch/de/Download?main=K008J5D6&directory=U0F29IYG>, S.26,

S.46 und S.50 (aufgerufen am 03.06.2020)

- Radialwellendichtringe

Gomeringer, Roland; Heinzler, Max; Kilgus, Roland; Menges, Volker; Oesterle, Stefan; Rapp, Thomas; Scholer, Claudius; Stenzel, Andreas; Stephan, Andreas; Wieneke, Falko: *Tabellenbuch Metall: mit Formelsammlung*; 47. Aufl.; Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel Verlag, 2017. ISBN 978-3-808-51727-7. S. 274

- Passungsauswahl Laufbuchse auf Welle

Gomeringer, Roland; Heinzler, Max; Kilgus, Roland; Menges, Volker; Oesterle, Stefan; Rapp, Thomas; Scholer, Claudius; Stenzel, Andreas; Stephan, Andreas; Wieneke, Falko: *Tabellenbuch Metall: mit Formelsammlung*; 47. Aufl.; Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel Verlag, 2017. ISBN 978-3-808-51727-7. S. 113

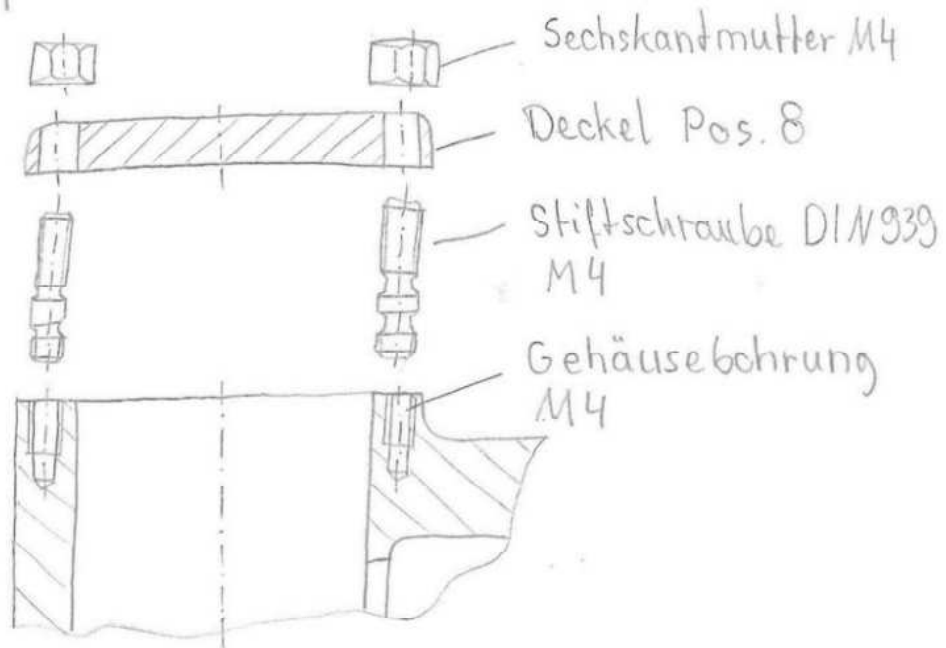
5 Anlagen

- 5.1 SOLL-Projektplan
- 5.2 Entwurfsskizzen
- 5.3 Datenblätter
 - 5.3.1 Stiftschraube DIN 939
 - 5.3.2 Sechskantmutter ISO 4032
 - 5.3.3 Ölschauglas
 - 5.3.4 Material Laufbuchse C35
 - 5.3.5 Radialwellendichtring DIN 3760
- 5.4 Rechnerischer Nachweis zur Lebensdauer
- 5.5 Zeichnungen
 - 5.5.1 Ausgangszustand Zeichnungen alt
 - 5.5.2 Geänderte und erstellte Zeichnungen neu
- 5.6 Lastenheft
- 5.7 Pflichtenheft
- 5.8 IST-Projektplan
- 5.9 Antrag zum betrieblichen Auftrag
- 5.10 Persönliche Erklärung zur Selbstständigkeit

Anlage 5.1 SOLL-Projektplan		
Projekt "Überholung eines Stirnradgetriebes"		
Betrieblicher Auftrag Abschlussprüfung Teil 2		
Zeitraum: 01.06.2019 - 12.06.2019		Sollzeit in Std.
Planung	Erstellen eines SOLL-Projektplanes	2
	Recherche und Informationsbeschaffung	8
	1. Meilenstein: Planungsabschluss (2. Projekttag)	#1
Entwurf/ Konzeption	Ideenfindung Getriebedeckelbefestigung	2
	Erstellen von Entwurfsskizzen	0,5
	Vergleich der Varianten	1
	Beurteilung der Varianten/ Lösungsfindung	1,5
	2. Meilenstein: Konzeptionsabschluss (3. Projekttag)	#2
Ausarbeitung	Zeichnerische Änderung Gehäusedeckelbefestigung	2,5
	Auswahl des Ölschauglas und zeichnerische Änderung	1,5
	Materialauswahl für die Laufbuchsen	0,5
	Geometrische Gestaltung der Laufbuchsen	2
	Auswahl der Radialwellendichtringe	0,5
	Konstruktive Änderungen umsetzen	2,5
	Rechnerischer Nachweis zur Lebensdauer	2
	Korrektur/ Prüfen der Zeichnungen und Berechnungen	2
	3. Meilenstein: Auftragsabschluss (6. Projekttag)	#3
Dokumentation	Führen des IST-Projektplans	5
	Erstellen der Dokumentationsdatei	1,5
	Schreiben der Dokumentationstexte	18
	Erstellen eines Pflichtenheftes	1
	Literatur und Quellen sammeln und einpflegen	3
	Datenblätter recherchieren	2
	Korrektur/ Prüfen der Dokumentation	3
	4 Meilenstein: Projektabschluss (9. Projekttag)	#4
	Dokumentation samt Anlagen und Zeichnungen drucken und falten	2
	Zusammenstellen der Dokumentationsmappen für die IHK mit allen nötigen Unterlagen	2
	Reserve für unvorhergesehene Probleme und Schwierigkeiten	4
Summe		70

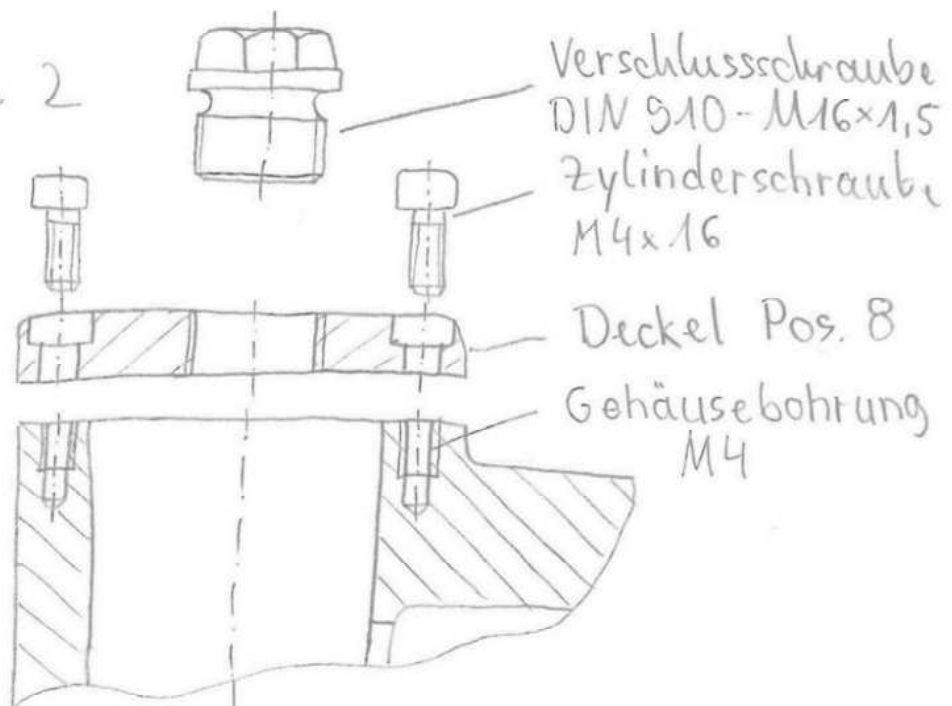
Anlage 5.2 Entwurfsskizzen

Variante 1



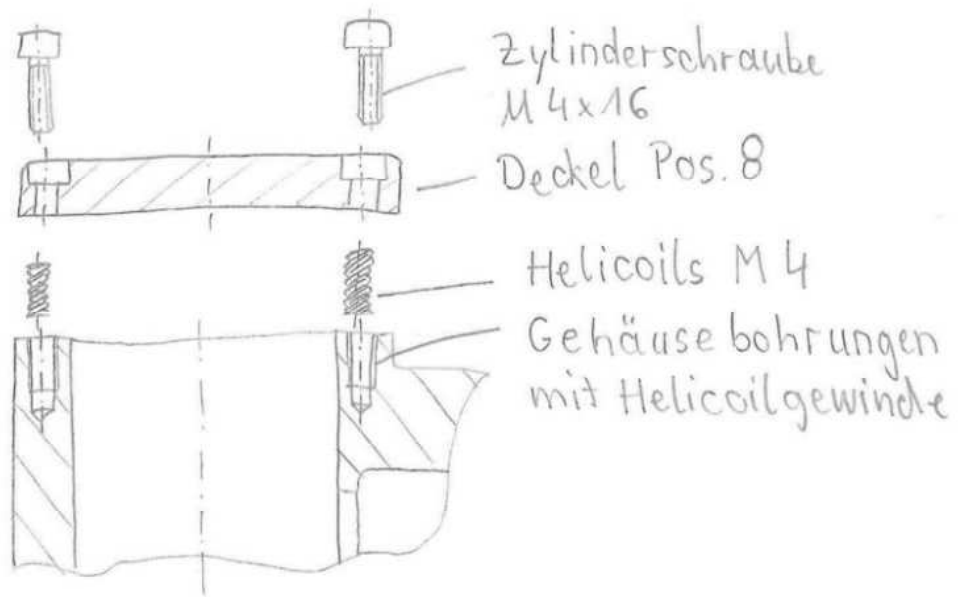
Entwurfsskizze Lösungsvariante 1

Variante 2



Entwurfsskizze Lösungsvariante 2

Variante 3



Entwurfsskizze Lösungsvariante 3

[Startseite \(Startseite\)](#) [Schrauben \(https://www.proselect-schrauben.de/Schrauben\)](https://www.proselect-schrauben.de/Schrauben)

[Muttern \(https://www.proselect-schrauben.de/Muttern\)](https://www.proselect-schrauben.de/Muttern) [Scheiben \(https://www.proselect-schrauben.de/Scheiben\)](https://www.proselect-schrauben.de/Scheiben)

[Bolzen \(https://www.proselect-schrauben.de/Bolzen\)](https://www.proselect-schrauben.de/Bolzen) [Stifte \(https://www.proselect-schrauben.de/Stifte\)](https://www.proselect-schrauben.de/Stifte)



Suchen



<https://www.proselect-schrauben.de> <https://www.proselect-schrauben.de/warenkorb.php>
schrauben.de)

<https://www.proselect-schrauben.de>

/ Stiftschrauben, Einschraubende ~ 1,25 d, M5X20, A4 (V4a) DIN 939

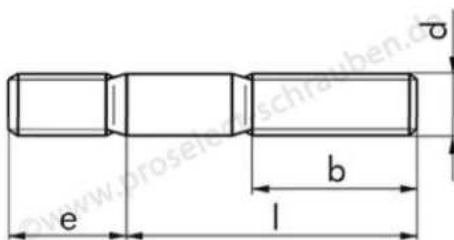


Abbildung ähnlich

DIN 939 A4 M 5X20 - Stiftschrauben, Ein- schraubende ~ 1,25 d, Packung mit 200 Stück

Artikelnummer: 100-093945-20-200

Kategorie: [Startseite \(https://www.proselect-schrauben.de\)](https://www.proselect-schrauben.de)

Lieferbare Verpackungseinheiten

Standardverpackung mit 200 Stück

83,20 €

41,60 € pro 100 Stück

inkl. 19% USt.,
versandfreie Lieferung (Zahlung-und-
Versand)
(Standard (Paketdienst))

auf Anfrage

(Kontakt: Tel.
09161-8726771)

ab VE	Preis pro 1 Packung	
5	79,04 €	39,52 € pro 100 Stück
10	74,88 €	37,44 € pro 100 Stück
25	70,72 €	35,36 € pro 100 Stück
50	66,56 €	33,28 € pro 100 Stück
100	58,24 €	29,12 € pro 100 Stück

Nur für Gewerbetreibende

Deutsch ▼

Registrieren / Anmelden

0  Warenkorb

ISO 4032 Stahl 6 / 8 verzinkt

MU-6KT-ISO4032-8-SW8-(A2K)-M5

Art.-Nr.: 031795 | [Alle Ausführungen](#) | [Ähnliche Produkte](#)

Preisanzeige für Kunden nach Anmeldung

Anzahl

VE ⓘ

-

0

+

500

▼

IN DEN WARENKORB

**Exklusiv für Gewerbetreibende**

Jetzt registrieren und auf mehr als 125.000 Produkte zugreifen

[📍 Niederlassung finden](#)[👤 Anmelden/Registrieren](#)[📞 Kundenservice anrufen: +49 7940 15-2400](#)

Services und Anwendungen rund ums Produkt





Beschreibung

Werkstoff:

Gehäuse Thermoplast Polyamid.
Reflektor Kunststoff.

Ausführung:

Gehäuse glasklar, hohe mechanische Festigkeit, alterungsbeständig, temperaturbeständig bis 90 °C, Lösungsmittelbeständig jedoch nicht alkoholbeständig sowie frostschutzbeständig.
Flachdichtung asbestfrei.
Reflektor weiß.

Auf Anfrage:

Gummidichtung (NBR).

Zeichnungshinweis:

Form A: ohne Reflektor

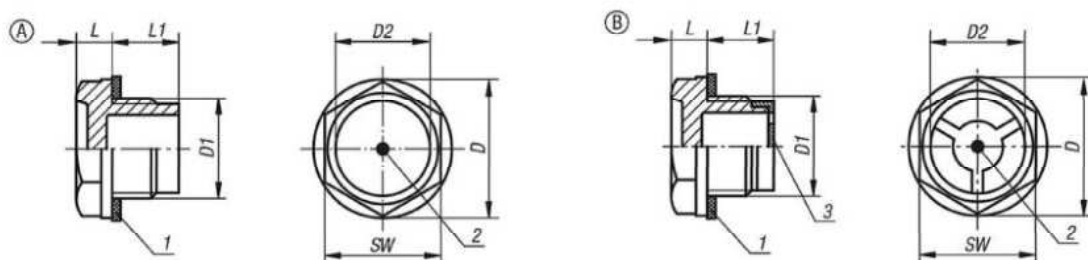
Form B: mit Reflektor

1) Flachdichtung

2) Kontrollmarke

3) Reflektor

Zeichnungen



Artikelübersicht

Bestellnummer	Form	D	D1	D2	L	L1	SW	Anzieh- drehmoment max. Nm
28004-120014	A	20	G 1/4	15	7	8	17	6
28004-122038	A	22	G 3/8	14	6,5	10,5	18	8
28004-128012	A	28	G 1/2	16	8	11	24	12
28004-135034	A	35	G 3/4	21	8	12	30	16
28004-143100	A	43	G 1	32	11	12	36	-
28004-151114	A	51	G 1 1/4	33	10	16	42	-
28004-158112	A	58	G 1 1/2	40	12	16	50	-
28004-174200	A	74	G 2	48	12	22	64	-
28004-1201415	A	20	M14X1,5	15	7	8	17	7
28004-1221615	A	22	M16X1,5	14	6,5	10	18	8
28004-1251815	A	25	M18X1,5	16	7	10,5	21	10
28004-1282015	A	28	M20X1,5	18	7,5	11	24	16
28004-1282215	A	28	M22X1,5	16	7,5	12,5	24	12
28004-1362615	A	36	M26X1,5	21	8,5	13,5	30	21
28004-1362715	A	36	M27X1,5	21	8,5	13,5	30	21
28004-1514015	A	51	M40X1,5	32	10	17	42	-
28004-222038	B	22	G 3/8	14	6,5	10,5	18	8
28004-228012	B	28	G 1/2	16	8	11	24	12
28004-235034	B	35	G 3/4	21	8	12	30	16

Artikelübersicht

Bestellnummer	Form	D	D1	D2	L	L1	SW	Anzieh- drehmoment max. Nm
28004-243100	B	43	G 1	32	11	12	36	-
28004-251114	B	51	G1 1/4	33	10	16	42	-
28004-258112	B	58	G 1 1/2	40	12	16	50	-
28004-274200	B	74	G 2	48	12	22	64	-
28004-2221615	B	22	M16X1,5	14	6,5	10	18	8
28004-2251815	B	25	M18X1,5	16	7	10,5	21	10
28004-2282015	B	28	M20X1,5	18	7,5	11	24	16
28004-2282215	B	28	M22X1,5	16	7,5	12,5	24	12
28004-2362615	B	36	M26X1,5	21	8,5	13,5	30	21
28004-2362715	B	36	M27X1,5	21	8,5	13,5	30	21
28004-2514015	B	51	M40X1,5	32	10	17	42	-

1.0501 / C 35

EN 10083-2

beruhigter Vergütungsstahl

Chemische Werte

C %	Si %	Mn %	P %	S %
0,32 - 0,39	max. 0,40	0,50 - 0,80	max. 0,045	max. 0,045

Mechanische Eigenschaften für unbehandeltes Material ist in der Norm nicht angegeben.

Mechanische Eigenschaften^a bei Raumtemperatur im normalgeglühten Zustand (+N)

Durchmesser oder Dicke (t) für Flacher- zeugnisse	R _e min.	R _m min.	A min.
in mm	MPa ^c	MPa ^c	%
d ≤ 16 t ≤ 16	300	550	18
16 < d ≤ 100 16 < t ≤ 100	270	520	19
100 < d ≤ 250 100 < t ≤ 250	245	500	19

a R_e: Obere Streckgrenze oder, falls keine ausgeprägte Streckgrenze auftritt, die 0,2-%-Dehngrenze Rp0,2

R_m: Zugfestigkeit

A: Bruchdehnung (Anfangsmesslänge L₀ = 5,65 √S₀)

c 1 MPa = 1 N/mm²

Mechanische Eigenschaften^a bei Raumtemperatur im vergüteten Zustand (+QT)

Durchmesser oder Dicke (t) für Flacher- zeugnisse	R _e min.	R _m	A min. %	Z min. %	KV ^b min. J
in mm		MPa ^c			
d ≤ 16 t ≤ 8	430	630 bis 780	17	40	---
16 < d ≤ 40 8 < t ≤ 20	380	600 bis 750	19	45	---
40 < d ≤ 100 20 < t ≤ 60	320	550 bis 700	20	50	---

a R_e: Obere Streckgrenze oder, falls keine ausgeprägte Streckgrenze auftritt, die 0,2-%-Dehngrenze Rp0,2

R_m: Zugfestigkeit

A: Bruchdehnung (Anfangsmesslänge L₀ = 5,65 √S₀)

Z: Brucheinschnürung

KV: Kerbschlagarbeit an längs entnommenen Charpy-V-Kerbschlagproben (der Mittelwert dreier Einzelwerte muss den in dieser Tabelle angegebenen Wert mindestens erreichen, kein Einzelwert darf geringer als 70 % des in der Tabelle angegebenen Mindestwertes sein).

b Zur Probennahme siehe EN 10083-1:2006, Bild 1 und Bild 3.

c 1 MPa = 1 N/mm²

Allg. Beschreibung: Die Güte C 35 ist ein beruhigter Vergütungsstahl zur Herstellung von vergütbaren Dreh- und Konstruktionsteilen des mittleren Festigkeitsbereiches. Sie zeichnen sich durch große Gleichmäßigkeit des Gefügebauaus aus.

Vergütbarkeit: Gut

Querdehnung: Gut

Gefüge: Ferrit mit lamellarem Perlit
(Zustand: SH, C,)

**Beschreibung****Werkstoff:**

Elastomer NBR.

Versteifungsring und Zugfeder Stahl.

Ausführung:

Shorehärte ~70, schwarz.

Hinweis:

Radial-Wellendichtringe sind einbaufertige Dichtungen zur Abdichtung rotierender Wellen. Sie bestehen aus einem Elastomeraußenmantel und einem innenliegenden Versteifungsblech. Die Zugfeder sorgt für einen verstärkten Anpressdruck der Dichtlippe an der Welle und unterstützt die Dichtheit im statischen Bereich.

Form A: Ausführung nach DIN 3760 (ISO 6194/1) Außendurchmesser glatt.

Form AS: Ausführung nach DIN 3760 (ISO 6194/0) Außendurchmesser glatt, mit zusätzlicher Staublippe zum Schutz vor Verschmutzungen von außen.

Der Werkstoff NBR besitzt eine hohe Abriebfestigkeit und ist beständig gegen Kraftstoffe, Öle, Hydrauliköle und Schmierfette.

Betriebseinsatzgrenzen:Umfangsgeschwindigkeit (m/s): ≤ 12 Druck (MPa/bar): $\leq 0,05/0,5$ (Radial-Wellendichtringe sind im allgemeinen für den drucklosen Betrieb ausgelegt).**Temperaturbereich:**

-40 °C bis +100 °C.

Toleranzen:**Gehäuse:**

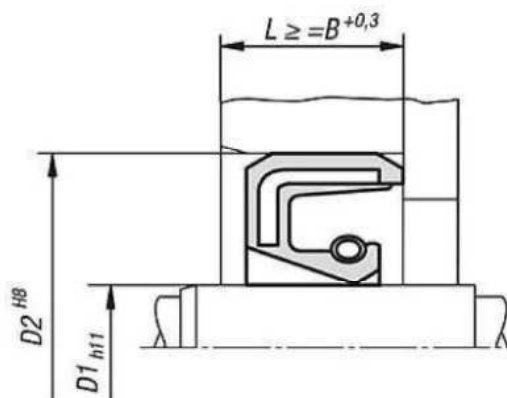
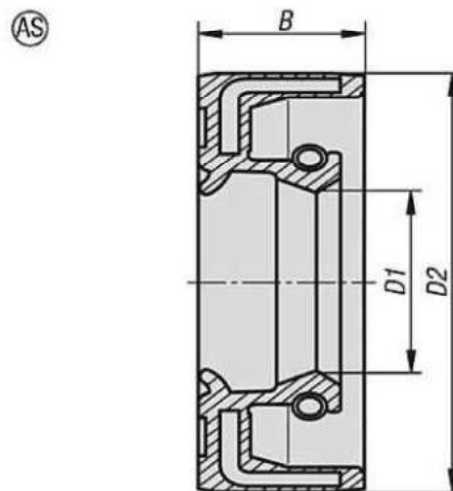
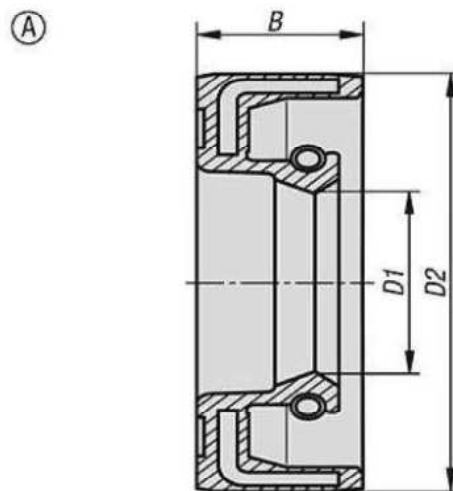
Empfohlen wird die Toleranz H8.

Oberflächenrauheit Ra 1,6 bis 6,3 μm .**Welle:**

Empfohlen wird die Toleranz h11.

Oberflächenrauheit Ra 0,2 bis 0,8 μm .

Die Härte der Welle sollte mindestens 45 HRC betragen.



Artikelübersicht

Bestellnummer	Form	D1	D2	B
23915-11253707	A	25	37	7
23915-11253807	A	25	38	7
23915-11254005	A	25	40	5
23915-11254007	A	25	40	7
23915-11254008	A	25	40	8
23915-11254010	A	25	40	10
23915-11254207	A	25	42	7
23915-11254210	A	25	42	10
23915-11254510	A	25	45	10
23915-11254707	A	25	47	7
23915-11254710	A	25	47	10
23915-11255010	A	25	50	10
23915-11255207	A	25	52	7
23915-11255208	A	25	52	8
23915-11255210	A	25	52	10
23915-11256207	A	25	62	7
23915-11256210	A	25	62	10
23915-11263707	A	26	37	7
23915-11263807	A	26	38	7
23915-11264707	A	26	47	7
23915-11273707	A	27	37	7
23915-11283807	A	28	38	7
23915-11284007	A	28	40	7
23915-11284207	A	28	42	7
23915-11284208	A	28	42	8
23915-11284707	A	28	47	7
23915-11285207	A	28	52	7
23915-11285210	A	28	52	10
23915-11304007	A	30	40	7
23915-11304207	A	30	42	7
23915-11304208	A	30	42	8
23915-11304507	A	30	45	7
23915-11304508	A	30	45	8
23915-11304707	A	30	47	7
23915-11304708	A	30	47	8
23915-11304710	A	30	47	10
23915-11305007	A	30	50	7
23915-11305010	A	30	50	10
23915-11305207	A	30	52	7
23915-11305208	A	30	52	8
23915-11305210	A	30	52	10
23915-11305507	A	30	55	7
23915-11305510	A	30	55	10
23915-11306207	A	30	62	7
23915-11306210	A	30	62	10
23915-11307210	A	30	72	10
23915-11324207	A	32	42	7
23915-11324507	A	32	45	7
23915-11324707	A	32	47	7
23915-11325008	A	32	50	8
23915-11325010	A	32	50	10
23915-11325207	A	32	52	7
23915-11326210	A	32	62	10
23915-11334507	A	33	45	7
23915-11346210	A	34	62	10
23915-11354507	A	35	45	7
23915-11354707	A	35	47	7
23915-11355007	A	35	50	7
23915-11355008	A	35	50	8
23915-11355010	A	35	50	10
23915-11355207	A	35	52	7
23915-11355208	A	35	52	8
23915-11355210	A	35	52	10
23915-11355508	A	35	55	8
23915-11355510	A	35	55	10

Anlage 5.4 Rechnerischer Nachweis zur Lebensdauer

Gegebene Werte/ Daten:

Eingangsleistung $P_1 = 1,65 \text{ kW}$

Eingangsdrehzahl $n_1 = 1800 \text{ min}^{-1}$

Wirkungsgrad: $\eta = 0,92$

Vorhandene Kugellager: Rillenkugellager DIN 625 – 6206

Dynamische Tragzahl $C = 19,3 \text{ kN}$

Nachzuweisende nominelle Lebensdauer in Betriebsstunden $L_{10h} = 7000$

Rechnerische Ermittlung des Eingangs Drehmomentes M_1 an der Antriebswelle (Pos.2):

Ausgangsformel:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot M \cdot n$$

Umstellen nach M_1 :

$$M_1 = \frac{P_1}{2 \cdot \pi \cdot n_1}$$

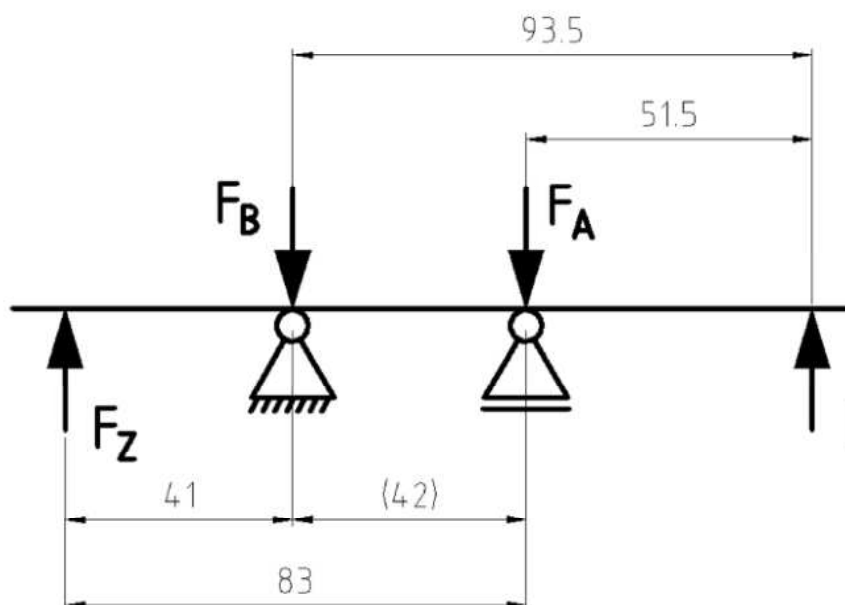
Einsetzen der gegebenen Größen:

$$M_1 = \frac{1650 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot 1800 \text{ min}^{-1}}$$

Ergebnis Eingangs Drehmoment M_1 :

$$\underline{\underline{M_1 = 8,75 \text{ Nm}}}$$

Statische Skizze der Antriebswelle (Pos. 2):



Erläuterung:

F_R = Riemenkraft

F_Z = Zahnradkraft

F_A = Lagerkraft A

F_B = Lagerkraft B

Rechnerische Ermittlung der Riemenkraft F_R auf die Antriebswelle (Pos. 2) unter der Schmalkeilriemenscheibe (Pos. 11):

Ausgangsformel:

$$M = \frac{F \cdot d}{2}$$

Wellendurchmesser der Antriebswelle (Pos. 2)
unter der Schmalkeilriemenscheibe (Pos. 11):

$$d_1 = 20 \text{ mm}$$

Umstellen nach F_R :

$$F_R = \frac{M_1 \cdot 2}{d_1}$$

Einsetzen der Größen:

$$F_R = \frac{8,75 \text{ Nm} \cdot 2}{20 \text{ mm}}$$

Ergebnis der Riemenkraft F_R :

$$\underline{\underline{F_R = 875 \text{ N}}}$$

Rechnerische Ermittlung der Zahnradkraft F_Z auf die Antriebswelle (Pos. 2) unter dem Ritzel (Pos. 4):

Ausgangsformel:

$$M = \frac{F \cdot d}{2}$$

Wellendurchmesser der Antriebswelle (Pos. 2)
unter dem Ritzel (Pos. 4):

$$d_2 = 25 \text{ mm}$$

Umstellen nach F_Z :

$$F_Z = \frac{M_1 \cdot 2}{d_2}$$

Einsetzen der Größen:

$$F_Z = \frac{8,75 \text{ Nm} \cdot 2}{25 \text{ mm}}$$

Ergebnis der Zahnradkraft F_Z :

$$\underline{\underline{F_Z = 700 \text{ N}}}$$

Rechnerische Ermittlung der Lagerkraft F_A auf die Antriebswelle (Pos. 2) unter dem Rillenkugellager (Pos. 13):

Der Drehpunkt wird an die Stelle des Lagersitzes des Lagers B gesetzt und es werden die linksdrehenden Kräfte betrachtet.

Ausgangsformel:

$$\Sigma M_{B\text{-links}} = 0 = F_R \cdot l_R - F_A \cdot l_A - F_Z \cdot l_Z$$

Umstellen nach F_A :

$$F_A = \frac{F_R \cdot l_R - F_Z \cdot l_Z}{l_A}$$

Einsetzen der Größen:

$$F_A = \frac{875 \text{ N} \cdot 93,5 \text{ mm} - 700 \text{ N} \cdot 41 \text{ mm}}{42 \text{ mm}}$$

Ergebnis der Lagerkraft F_A :

$$\underline{\underline{F_A = 1264,6 \text{ N}}}$$

Rechnerische Ermittlung der Lagerkraft F_B auf die Antriebswelle (Pos. 2) unter dem Rillenkugellager (Pos. 13):

Der Drehpunkt wird an die Stelle des Lagersitzes des Lagers A gesetzt und es werden die linksdrehenden Kräfte betrachtet.

Ausgangsformel:

$$\Sigma M_{A\text{-links}} = 0 = F_R \cdot l_R + F_B \cdot l_B - F_Z \cdot l_Z$$

Umstellen nach F_B :

$$F_B = \frac{F_Z \cdot l_Z - F_R \cdot l_R}{l_B}$$

Einsetzen der Größen:

$$F_B = \frac{700 \text{ N} \cdot 83 \text{ mm} - 875 \text{ N} \cdot 51,5 \text{ mm}}{42 \text{ mm}}$$

Ergebnis der Lagerkraft F_B :

$$\underline{\underline{F_B = 310,4 \text{ N}}}$$

Rechnerische Ermittlung der nominellen Lebensdauer L_{10} in Umdrehungen des am stärksten Belasteten Lagers A auf der Antriebswelle (Pos. 2):

Ausgangsformel:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \cdot 10^6$$

Ermittlung der äquivalenten Belastung P :

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Da keinerlei axiale Lasten auf das Lager vorhanden gilt:

$$X = 1; Y = 0$$

Einsetzen der Größen für die Ermittlung von P :

$$P = 1 \cdot 1264,6 \text{ N} + 0 \cdot 0 \text{ N}$$

Ergebnis der äquivalenten Belastung P :

$$\underline{\underline{P = 1264,6 \text{ N}}}$$

Einsetzen der Größen für die Ermittlung von L_{10} :
$$L_{10} = \left(\frac{19,3 \text{ kN}}{1,2646 \text{ kN}} \right)^3 * 10^6$$

Ergebnis für die nominelle Lebensdauer L_{10} :
$$\underline{L_{10} = 3,554 * 10^9}$$

Rechnerische Ermittlung der nominellen Lebensdauer L_{10h} in Betriebsstunden des am stärksten Belasteten Lagers A auf der Antriebswelle (Pos. 2):

Ausgangsformel:
$$L_{10h} = \frac{L_{10}}{60 * n}$$

Einsetzen der Größen:
$$L_{10h} = \frac{3,554 * 10^9}{60 * 1800 \text{ min}^{-1}}$$

Ergebnis für die nominelle Lebensdauer L_{10h} :
$$\underline{L_{10h} = 32\,907 \text{ h}}$$

Rechnerische Ermittlung des Ausgangsdrehmomentes M_2 an der Abtriebswelle (Pos.3):

Ausgangsformel:
$$M_2 = M_1 * i * \eta$$

Übersetzung i des Getriebes:
$$i = z_2 / z_1$$

Einsetzen der Zähnezahlen für die Ermittlung von i :
$$i = 48 / 17$$

Ergebnis der Getriebeübersetzung i :
$$\underline{i = 2,82 : 1}$$

Einsetzen der Größen zur Ermittlung des Ausgangsdrehmomentes M_2 :
$$M_2 = 8,75 \text{ Nm} * 2,82 * 0,92$$

Ergebnis des Ausgangsdrehmomentes M_2 :
$$\underline{M_2 = 22,7 \text{ Nm}}$$

Rechnerische Ermittlung der Ausgangsdrehzahl n_2 an der Abtriebswelle (Pos.3):

Ausgangsformel:

$$i = n_1 / n_2$$

Umstellen nach n_2 :

$$n_2 = n_1 / i$$

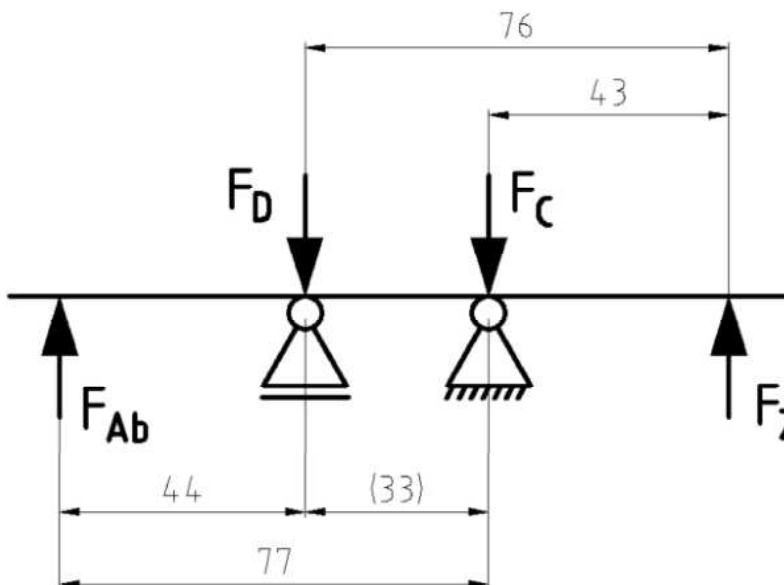
Einsetzen der Größen zur Ermittlung von n_2 :

$$n_2 = 1800 \text{ min}^{-1} / 2,82$$

Ergebnis der Ausgangsdrehzahl n_2 :

$$\underline{n_2 = 638 \text{ min}^{-1}}$$

Statische Skizze der Abtriebswelle (Pos. 3):



Erläuterung:

F_{Ab} = Abtriebsstumpfkraft

F_{Zr} = Zahnradkraft

F_C = Lagerkraft C

F_D = Lagerkraft D

Rechnerische Ermittlung der Zahnradkraft F_{Zr} auf die Abtriebswelle (Pos. 3) unter dem Zahnrad (Pos. 5):

Ausgangsformel:

$$M = \frac{F \cdot d}{2}$$

Wellendurchmesser der Antriebswelle (Pos. 3)
unter dem Zahnrad (Pos.5):

$$d_1 = 25 \text{ mm}$$

Umstellen nach F_{Zr} :

$$F_{Zr} = \frac{M_2 \cdot 2}{d_1}$$

Einsetzen der Größen:

$$F_{Zr} = \frac{22,7 \text{ Nm} \cdot 2}{25 \text{ mm}}$$

Ergebnis der Zahnradkraft F_{Zr} :

$$\underline{F_{Zr} = 1816 \text{ N}}$$

Rechnerische Ermittlung der Abtriebsstumpfkraft F_{Ab} auf die Abtriebswelle (Pos. 3) an der Passfeder (Pos. 17):

Ausgangsformel:

$$M = \frac{F \cdot d}{2}$$

Wellendurchmesser der Antriebswelle (Pos. 3)
unter dem Passfeder (Pos. 17):

$$d_2 = 20 \text{ mm}$$

Umstellen nach F_{Ab} :

$$F_{Ab} = \frac{M_2 \cdot 2}{d_2}$$

Einsetzen der Größen:

$$F_{Ab} = \frac{22,7 \text{ Nm} \cdot 2}{20 \text{ mm}}$$

Ergebnis der Abtriebsstumpfkraft F_{Ab} :

$$\underline{\underline{F_{Ab} = 2270 \text{ N}}}$$

Rechnerische Ermittlung der Lagerkraft F_C auf die Abtriebswelle (Pos. 3) unter dem Rillenkugellager (Pos. 13):

Der Drehpunkt wird an die Stelle des Lagersitzes des Lagers D gesetzt und es werden die linksdrehenden Kräfte betrachtet.

Ausgangsformel:

$$\Sigma M_{D\text{-links}} = 0 = F_{Zr} \cdot l_{Zr} - F_{Ab} \cdot l_{Ab} - F_C \cdot l_C$$

Umstellen nach F_C :

$$F_C = \frac{F_{Zr} \cdot l_{Zr} - F_{Ab} \cdot l_{Ab}}{l_C}$$

Einsetzen der Größen:

$$F_C = \frac{1816 \text{ N} \cdot 76 \text{ mm} - 2270 \text{ N} \cdot 44 \text{ mm}}{33 \text{ mm}}$$

Ergebnis der Lagerkraft F_C :

$$\underline{\underline{F_C = 1155,6 \text{ N}}}$$

Rechnerische Ermittlung der Lagerkraft F_D auf die Antriebswelle (Pos. 3) unter dem Rillenkugellager (Pos. 13):

Der Drehpunkt wird an die Stelle des Lagersitzes des Lagers C gesetzt und es werden die linksdrehenden Kräfte betrachtet.

Ausgangsformel:

$$\Sigma M_{C\text{-links}} = 0 = F_{Zr} \cdot l_{Zr} + F_D \cdot l_D - F_{Ab} \cdot l_{Ab}$$

Umstellen nach F_D :

$$F_D = \frac{F_{Ab} \cdot l_{Ab} - F_{Zr} \cdot l_{Zr}}{l_D}$$

Einsetzen der Größen:

$$F_D = \frac{2270 \text{ N} \cdot 77 \text{ mm} - 1816 \text{ N} \cdot 43 \text{ mm}}{33 \text{ mm}}$$

Ergebnis der Riemenkraft F_B :

$$\underline{\underline{F_D = 2930,4 \text{ N}}}$$

Rechnerische Ermittlung der nominellen Lebensdauer L_{10} in Umdrehungen des am stärksten Belasteten Lagers D auf der Abtriebswelle (Pos. 3):

Ausgangsformel:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \cdot 10^6$$

Ermittlung der äquivalenten Belastung P :

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Da keinerlei axiale Lasten auf das Lager vorhanden gilt:

$$X = 1; Y = 0$$

Einsetzen der Größen für die Ermittlung von P :

$$P = 1 \cdot 2930,4 \text{ N} + 0 \cdot 0 \text{ N}$$

Ergebnis der äquivalenten Belastung P :

$$\underline{\underline{P = 2930,4 \text{ N}}}$$

Einsetzen der Größen für die Ermittlung von L_{10} :

$$L_{10} = \left(\frac{19,3 \text{ kN}}{2,9304 \text{ kN}} \right)^3 \cdot 10^6$$

Ergebnis für die nominelle Lebensdauer L_{10} :

$$\underline{\underline{L_{10} = 2,857 \cdot 10^8}}$$

Rechnerische Ermittlung der nominellen Lebensdauer L_{10h} in Betriebsstunden des am stärksten Belasteten Lagers D auf der Abtriebswelle (Pos. 3):

Ausgangsformel:

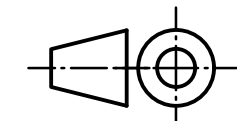
$$L_{10h} = \frac{L_{10}}{60 \cdot n}$$

Einsetzen der Größen:

$$L_{10h} = \frac{2,857 \cdot 10^8}{60 \cdot 638 \text{ min}^{-1}}$$

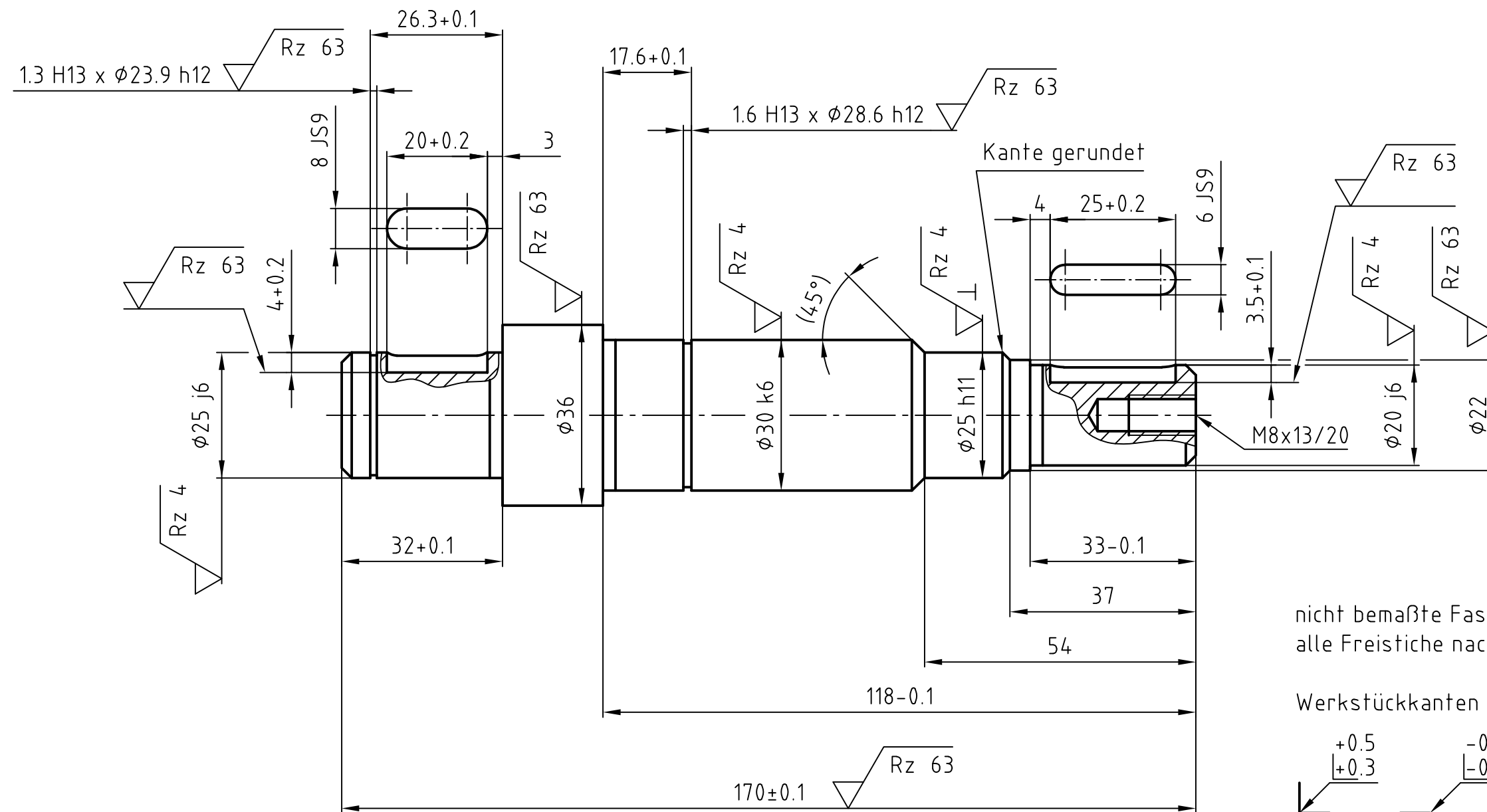
Ergebnis für die nominelle Lebensdauer L_{10h} :

$$\underline{\underline{L_{10h} = 7463 \text{ h}}}$$



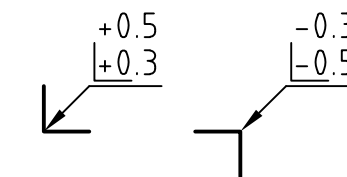
Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768-mK

Ø62	H7 ^{h7} / ^{g6} H6	Werkstoff: EN-GJL-200 Gussmodell-ID: SG-96-4318987-a
Ø11	H13 ^{h12} / ^{g11} H12	
Maß	Toleranz	
IHK Abschlussprüfung Teil 2 - Beispielauftrag		Blatt: 1/1
Maßstab	Technische(r) Produktdesigner/-in Maschinen- und Anlagenkonstruktion	Vor- und Familienname
1:1		Max
		Mustermann
Gehäuse Pos.1		Prüfungsnummer: 200 00

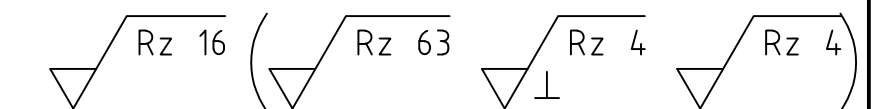


nicht bemaßte Fasen 2x45°
alle Freistiche nach DIN 509-E0,8 x 0,3

Werkstückkanten nach DIN ISO 13715:



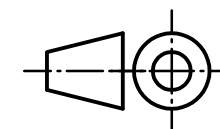
Oberflächen nach ISO 1302:



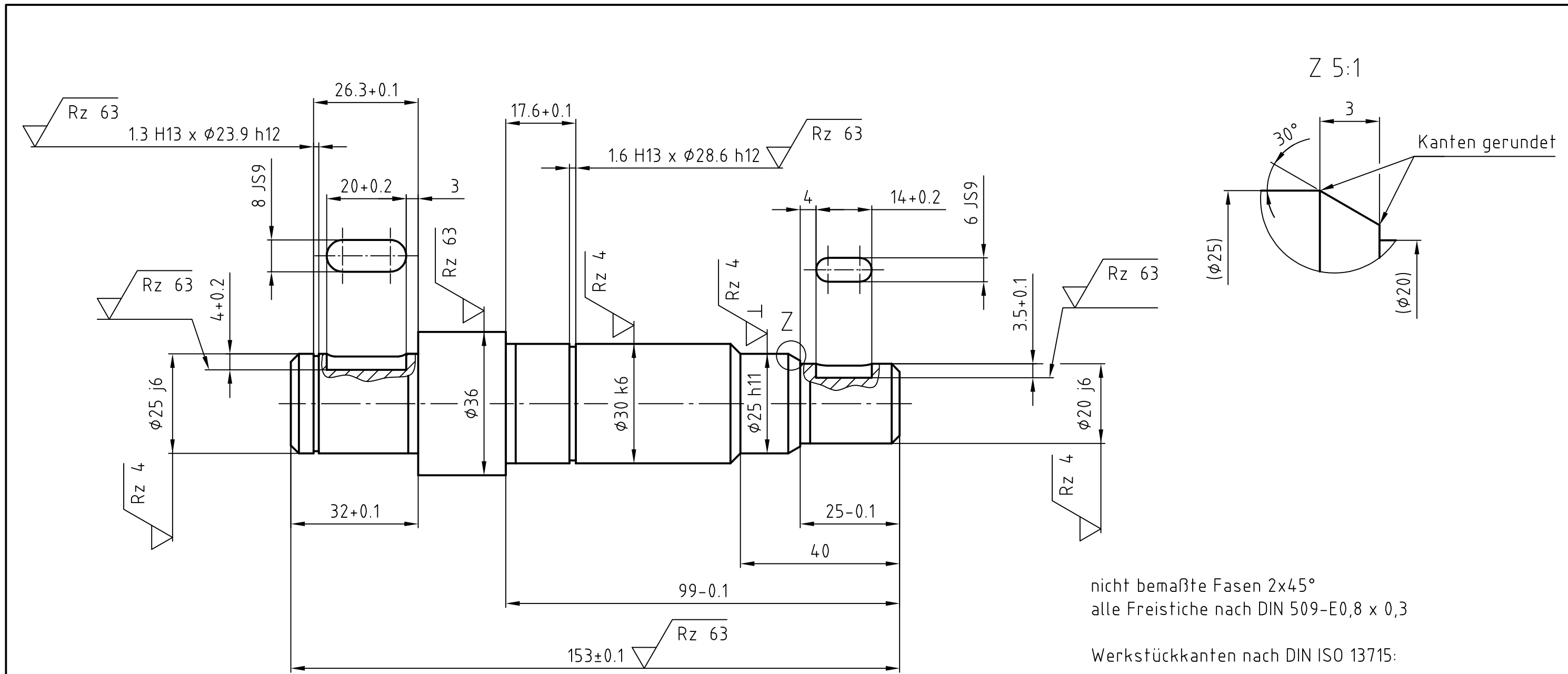
Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768-mK

Halbzeug: Rundstab EN 10060 - 40 x 176
Werkstoff: Stahl ISO 683 - C45

Ø30	k6	+0.015 +0.002	30.015 30.002
Ø28.6	h12	0 -0.21	28.6 28.39
Ø25	j6	+0.009 -0.004	25.009 24.996
Ø25	h11	0 -0.13	25 24.87
Ø23.9	h12	0 -0.21	23.9 23.69
Ø20	j6	+0.009 -0.004	20.009 19.996
8	JS9	+0.018 -0.018	8.018 7.982
6	JS9	+0.015 -0.015	6.015 5.985
Ø1.6	H13	+0.14 0	1.74 1.6
Ø1.3	H13	+0.14 0	1.44 1.3
Maß	Toleranz		

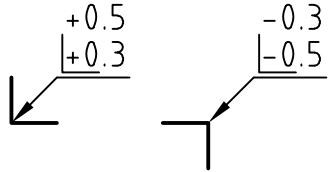


IHK Abschlussprüfung Teil 2 - Beispielauftrag		Blatt: 1/1
Maßstab 1:1	Technische(r) Produktdesigner/-in Maschinen- und Anlagenkonstruktion	Vor- und Familienname: Max Mustermann
Antriebswelle Pos.2		Prüfungs- nummer : 200 00

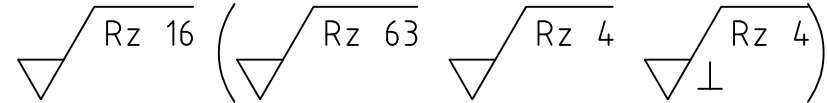


nicht bemaßte Fasen 2x45°
alle Freistiche nach DIN 509-E0,8 x 0,3

Werkstückkanten nach DIN ISO 13715:



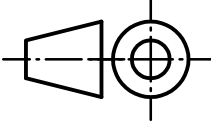
Oberflächen nach ISO 1302:



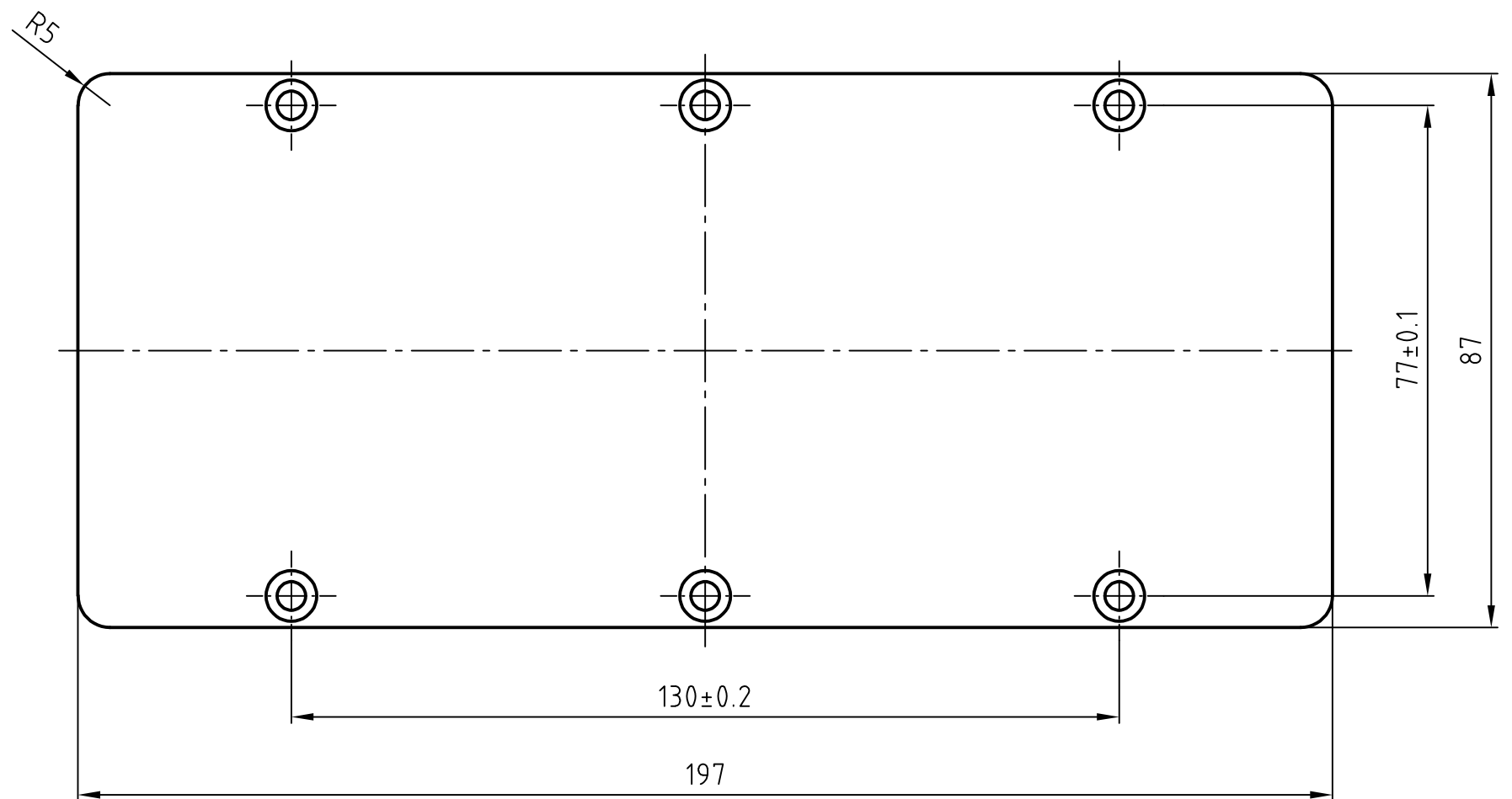
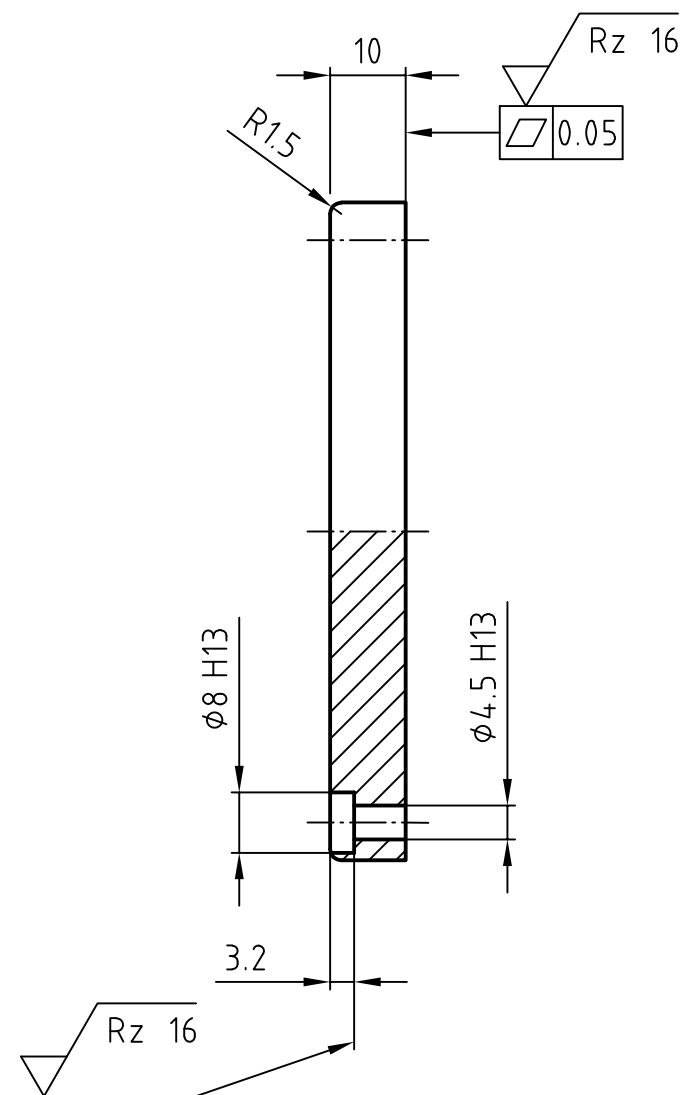
Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768-mK

Halbzeug: Rundstab EN 10060 - 40 x 159
Werkstoff: Stahl ISO 683 - C45

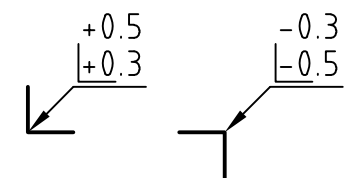
ø30	k6	$\begin{matrix} +0.015 \\ +0.002 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 30.015 \\ 30.002 \end{matrix}$
ø28.6	h12	$\begin{matrix} 0 \\ -0.21 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 28.6 \\ 28.39 \end{matrix}$
ø25	j6	$\begin{matrix} +0.009 \\ -0.004 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 25.009 \\ 24.996 \end{matrix}$
ø25	h11	$\begin{matrix} 0 \\ -0.13 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 25 \\ 24.87 \end{matrix}$
ø23.9	h12	$\begin{matrix} 0 \\ -0.21 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 23.9 \\ 23.69 \end{matrix}$
ø20	j6	$\begin{matrix} +0.009 \\ -0.004 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 20.009 \\ 19.996 \end{matrix}$
8	JS9	$\begin{matrix} +0.018 \\ -0.018 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 8.018 \\ 7.982 \end{matrix}$
6	JS9	$\begin{matrix} +0.015 \\ -0.015 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 6.015 \\ 5.985 \end{matrix}$
ø1.5	H13	$\begin{matrix} +0.14 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1.64 \\ 1.5 \end{matrix}$
ø1.2	H13	$\begin{matrix} +0.14 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1.34 \\ 1.2 \end{matrix}$
Maß	Toleranz		



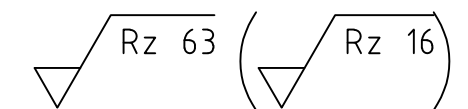
IHK Abschlussprüfung Teil 2 - Beispielauftrag		Blatt: 1/1
Maßstab 1:1	Technische(r) Produktdesigner/-in Maschinen- und Anlagenkonstruktion	Vor- und Familienname: Max Mustermann
	Abtriebswelle Pos. 3	Prüflingsnummer : 200 00



Werkstückkanten nach DIN ISO 13715:



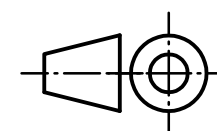
Oberflächen nach ISO 1302:



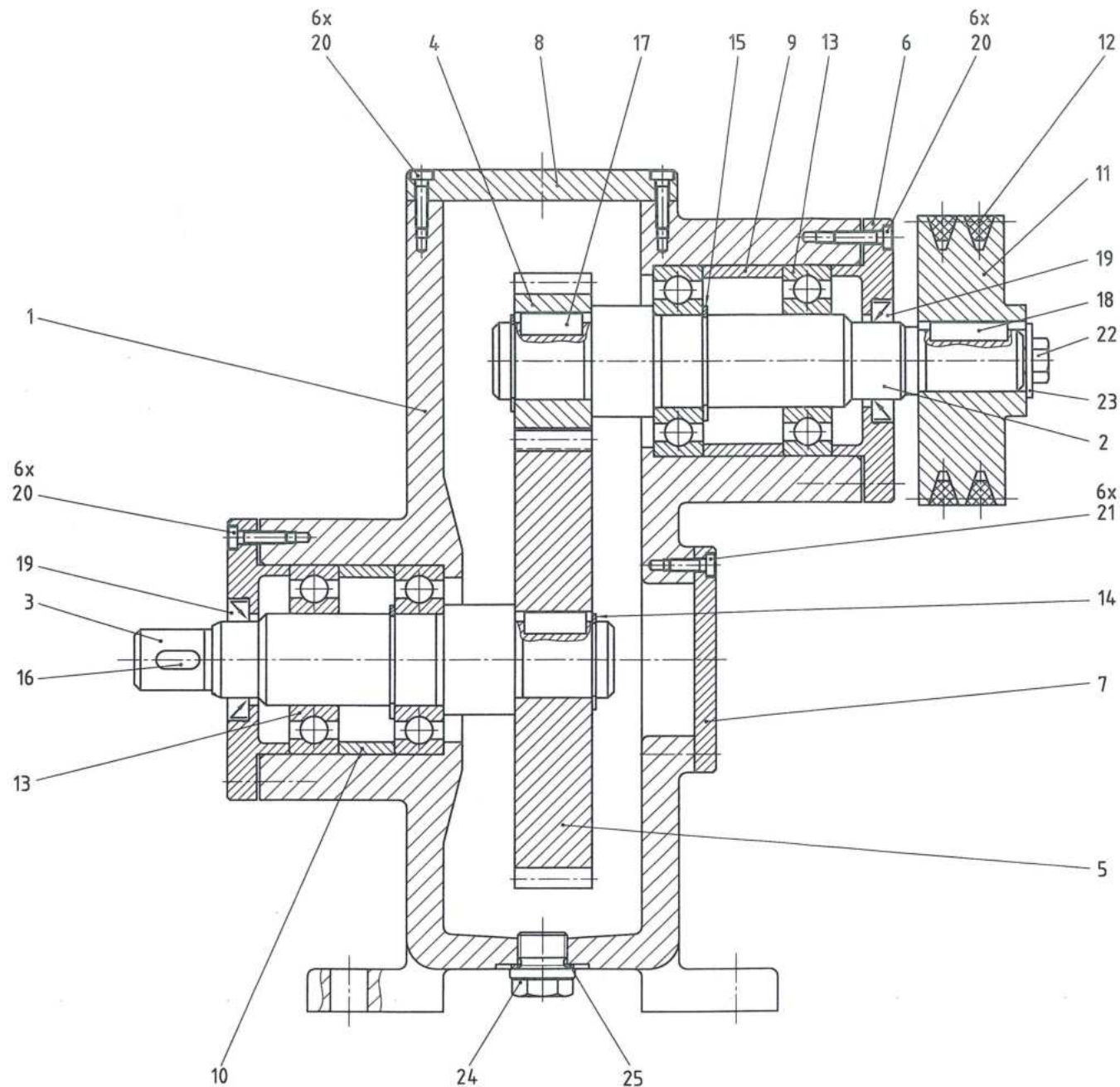
Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768-mK

$\phi 8$	H13	$+0.22$ 0	8.22
$\phi 4.5$	H13	$+0.18$ 0	4.68
Maß	Toleranz		

Halbzeug: Flachstab 90 x 15 x 201
Werkstoff: EN-GJL-150

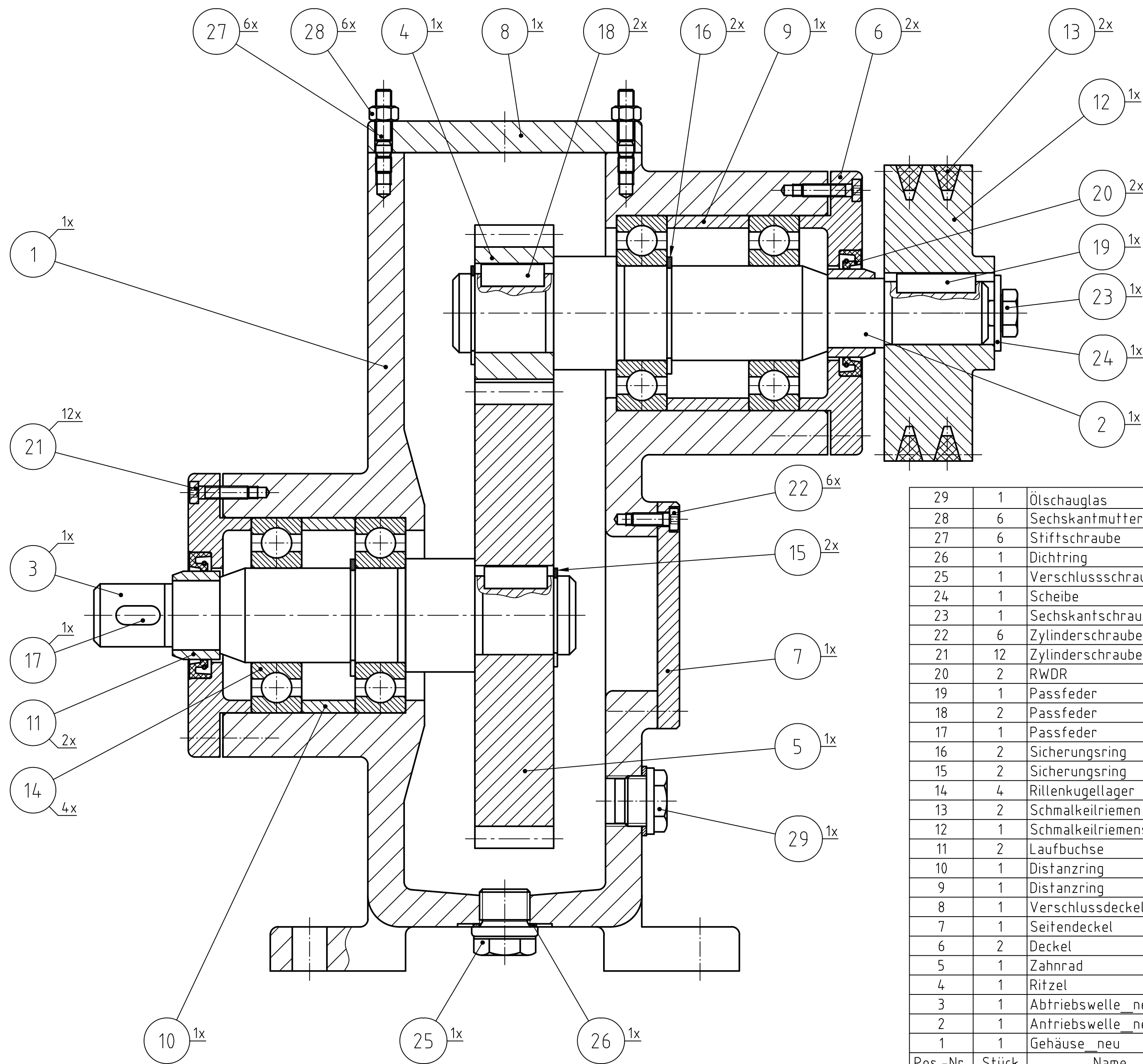


IHK	Abschlussprüfung Teil 2 - Beispielauftrag	Blatt: 1/1
Maßstab 1:1	Technische(r) Produktdesigner/-in Maschinen- und Anlagenkonstruktion	Vor- und Familienname: Max Mustermann
	Verschlussdeckel Pos.8	Prüfungs- nummer : 200 00



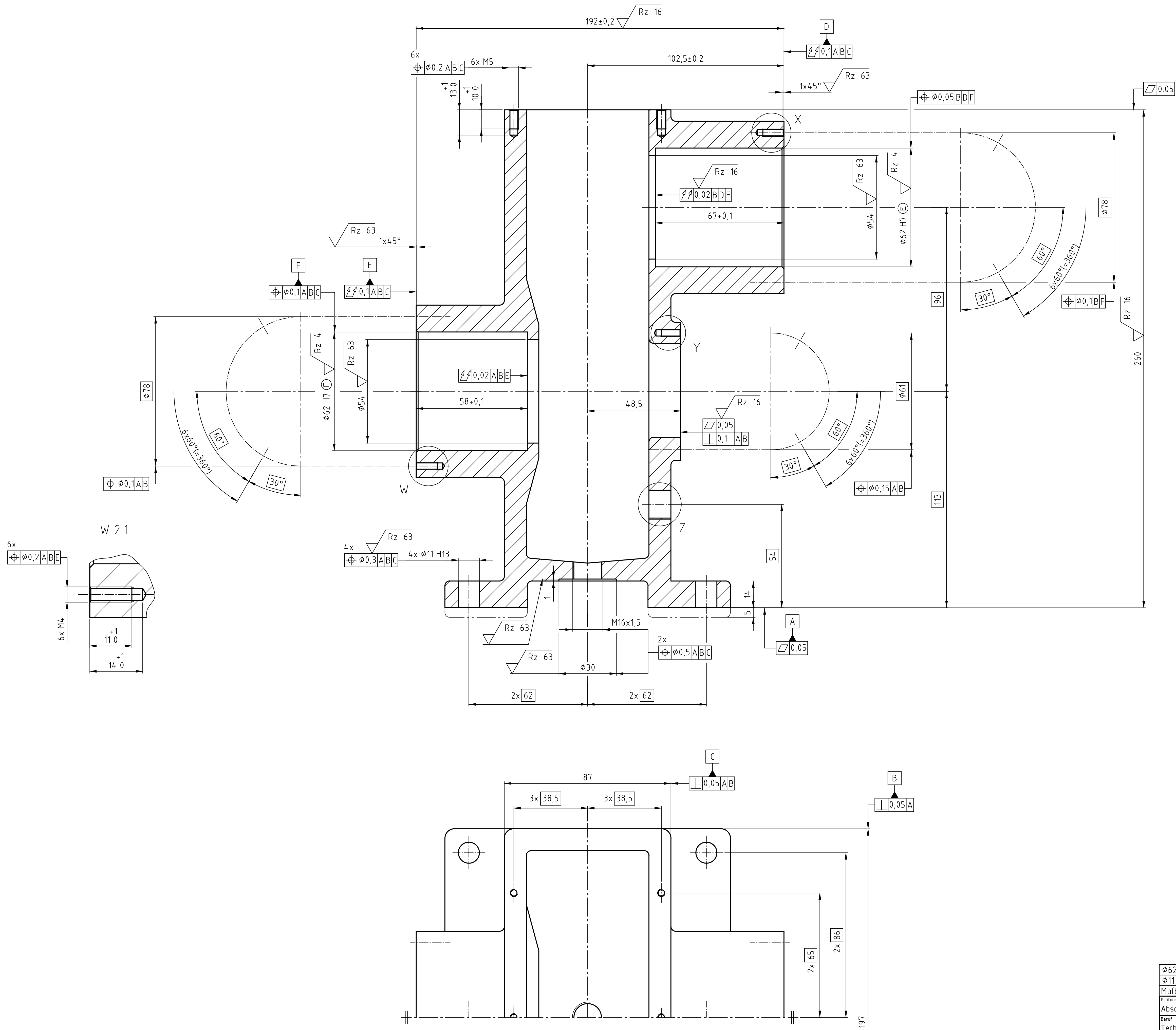
1	Dichtring A 16x20	DIN 7603	Cu	25	
1	Verschlusschraube M16x1,5	DIN 910	St	24	
1	Scheibe 8	ISO 7093-1	200 HV	23	
1	Sechskantschraube M8x12	ISO 4017	8.8	22	
6	Zylinderschraube M4x12	DIN 7984	8.8	21	
18	Zylinderschraube M4x16	DIN 7984	8.8	20	
2	RWDR A 25x40x7	DIN 3760	NBR	19	
1	Passfeder A6x6x25	DIN 6885		18	
2	Passfeder A8x7x20	DIN 6885		17	
1	Passfeder A6x6x14	DIN 6885		16	
2	Sicherungsring 30x1,5	DIN 471		15	
2	Sicherungsring 25x1,2	DIN 471		14	
4	Rillenkugellager 6206	DIN 625		13	d=30; D=62; B=16
2	Schmalkeilriemen-SPZ630Lw	DIN 7753		12	
1	Schmalkeilriemenscheibe SPZ -1T 90x2x20 PN	DIN 2211	EN-GJL-200	11	
1	Distanzring		S235JR	10	
1	Distanzring		S235JR	9	
1	Verschlussdeckel		EN-GJL-150	8	
1	Seitendeckel		S235JR	7	
2	Deckel		S235JR	6	
1	Zahnrad		25CrMo4	5	m=3; z=48
1	Ritzel		25CrMo4	4	m=3; z=17
1	Abtriebswelle		C45	3	
1	Antriebswelle		C45	2	
1	Gehäuse		EN-GJL-200	1	
Stück	Benennung	Norblatt	Werkstoff	Pos.-Nr.	Bemerkung

IHK Abschlussprüfung Teil 2 – Winter 2013/14		Blatt: 1(1)	
	Maßstab 1:1	Technische(r) Produktdesigner/-in Maschinen- und Anlagenkonstruktion	Vor- und Familiennamen:
		Stirnradgetriebe	Prüfungsnummer:



29	1	Ölschauglas	Norelem Nr.: 28004-1221615	PA	Form A
28	6	Sechskantmutter	ISO 4032 - M5	8	vz
27	6	Stiftschraube	DIN 939 - M5 x 20	A4	
26	1	Dichtring	DIN 7603 - A - 16 x 20	Cu	
25	1	Verschlussschraube	DIN 910 - M16 x 1,5	St	
24	1	Scheibe	ISO 7093 - 8	200 HV	
23	1	Sechskantschraube	ISO 4017 - M8 x 12	8.8	
22	6	Zylinderschraube	DIN 7984 - M4 x 12	8.8	
21	12	Zylinderschraube	DIN 7984 - M4 x 16	8.8	
20	2	RWDR	DIN 3760 - A28 x 40 x 7	NBR	
19	1	Passfeder	DIN 6885 - A - 6 x 6 x 25		
18	2	Passfeder	DIN 6885 - A - 8 x 7 x 20		
17	1	Passfeder	DIN 6885 - A - 6 x 6 x 14		
16	2	Sicherungsring	DIN 471 - 30 x 1,5		
15	2	Sicherungsring	DIN 471 - 25 x 1,2		
14	4	Rillenkugellager	DIN 625 - 6206		d=30; D=62; B=16
13	2	Schmalkeilriemen	DIN 7763 - SPZ 630		
12	1	Schmalkeilriemenscheibe	DIN 2211 - SPZ-1 T - 90 x 2 x 20 PN	EN-GJL-200	
11	2	Laufbuchse		Stahl ISO 683- C35	
10	1	Distanzring		Stahl EN 10025-2 - S235JR	
9	1	Distanzring		Stahl EN 10025-2 - S235JR	
8	1	Verschlussschraube_neu		EN-GJL-150	
7	1	Seitendeckel		Stahl EN 10025-2 - S235JR	
6	2	Deckel		Stahl EN 10025-2 - S235JR	
5	1	Zahnrad		Stahl ISO 683 - 25CrMo4	m=3; z=48
4	1	Ritzel		Stahl ISO 683 - 25CrMo4	m=3; z=17
3	1	Abtriebswelle_neu		Stahl ISO 683 - C45	
2	1	Antriebswelle_neu		Stahl ISO 683 - C45	
1	1	Gehäuse_neu		EN-GJL-200	
Pos.-Nr.	Stück	Name	Norm	Werkstoff	Bemerkung

Prüfung					
Abschlussprüfung Teil 2 - Beispielauftrag					
Beruf			Fachrichtung		
Technische(r) Produktdesigner/-in			Maschinen- und Anlagenkonstruktion		
Maßstab	Allgemeintoleranz	Tolerierung	Werkstoff	Rohrteil	
1:1					
IHK		Vor- und Familienname		Titel, zusätzlicher Titel	
		Max Mustermann			
Prüfungsnummer		Verwendetes CAD - System		And.	Ausgabedatum
200 00		Stirnradgetriebe_neu		08.06.2020	Format Blatt
				A2	1/6



Werkstückkanten nach DIN ISO 13715:

Oberflächen nach ISO 1302:

Maßtolerierung nach ISO 14405

Maß	Toleranz
Ø62	H7 $\begin{smallmatrix} +0,03 \\ 0 \end{smallmatrix}$ $\begin{smallmatrix} 0,03 \\ H7 \end{smallmatrix}$
Ø11	H13 $\begin{smallmatrix} +0,27 \\ 0 \end{smallmatrix}$ $\begin{smallmatrix} 0,27 \\ H13 \end{smallmatrix}$
Maß	Toleranz

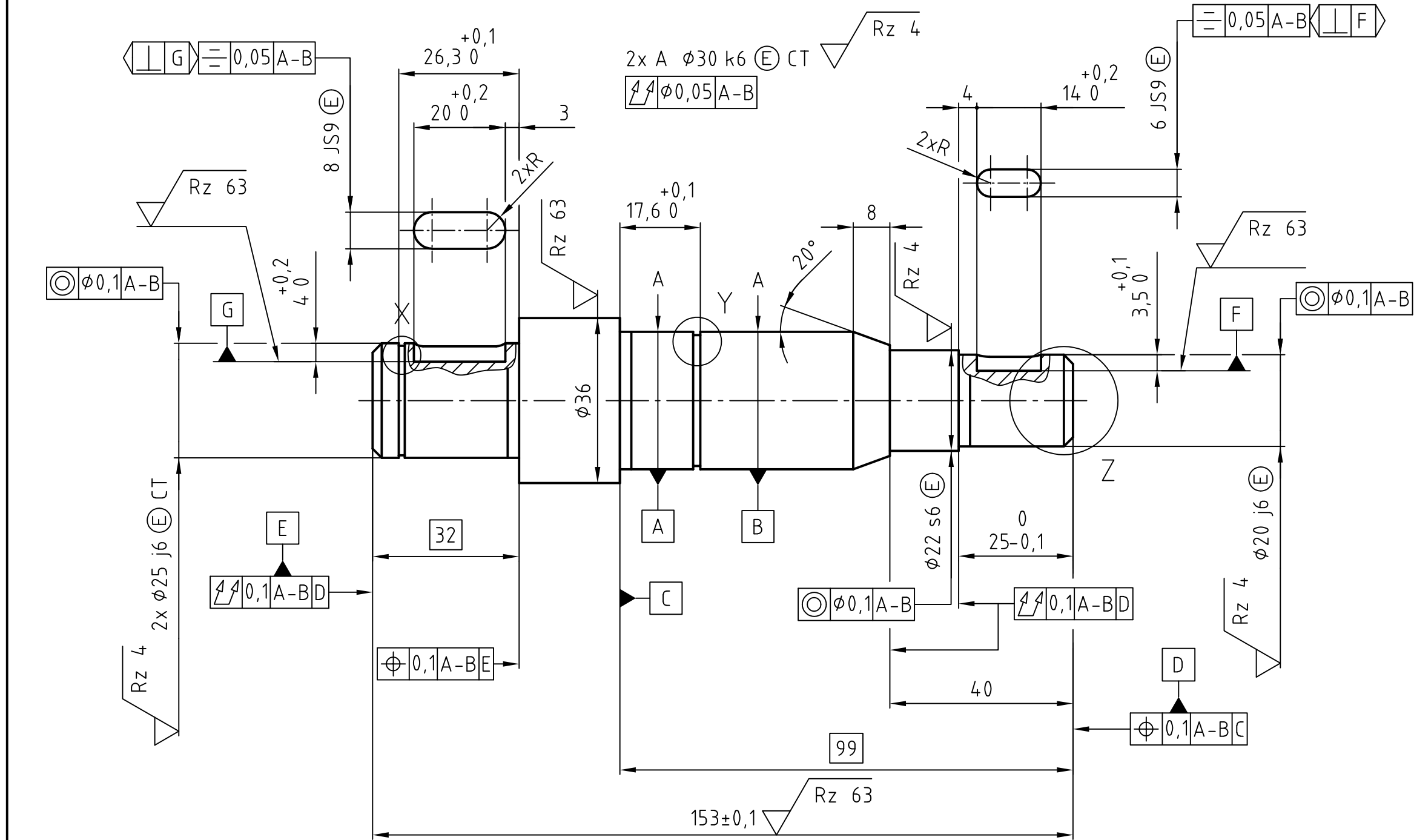
Prüfung
Abschlussprüfung Teil 2 – Beispielauftrag

Beruf	Fachrichtung
Technische(r) Produktdesigner/-in	Maschinen- und Anlagenkonstruktion

Maßstab	Allgemeintoleranz	Tolerierung	Werkstoff	Rohrteil
1:1	ISO 2768-mk	ISO 8015	EN-GJL-200	Gussmodell-ID: SG-96-4318987-a

Vor- und Familienname	Titel, zusätzlicher Titel	Verwendetes CAD - System
Max Mustermann		

Prüfungsnummer	Formal	Blatt
200 00	Gehäuse_neu Pos.1	2/6

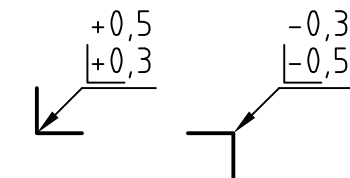


Z 1:1

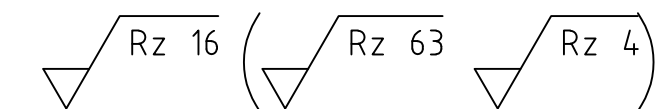


nicht bemaßte Fasen 2x45°
alle Freistiche nach DIN 509-E0,8 x 0,3

Werkstückkanten nach DIN ISO 13715:

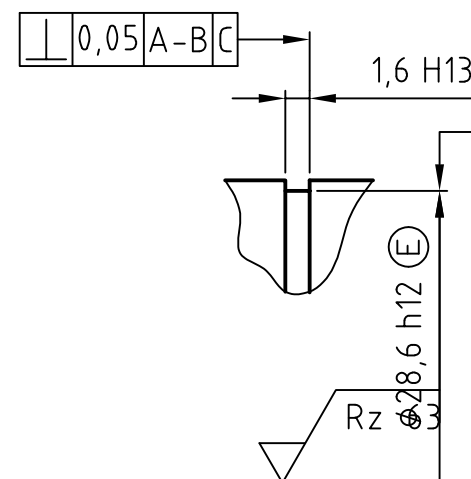
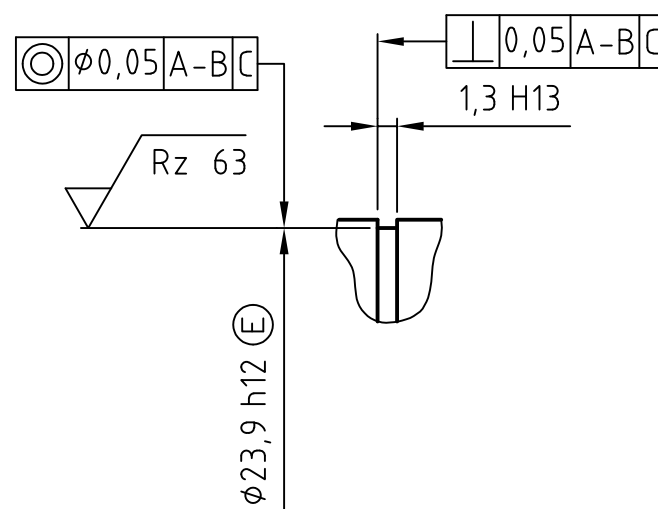


Oberflächen nach ISO 1302:

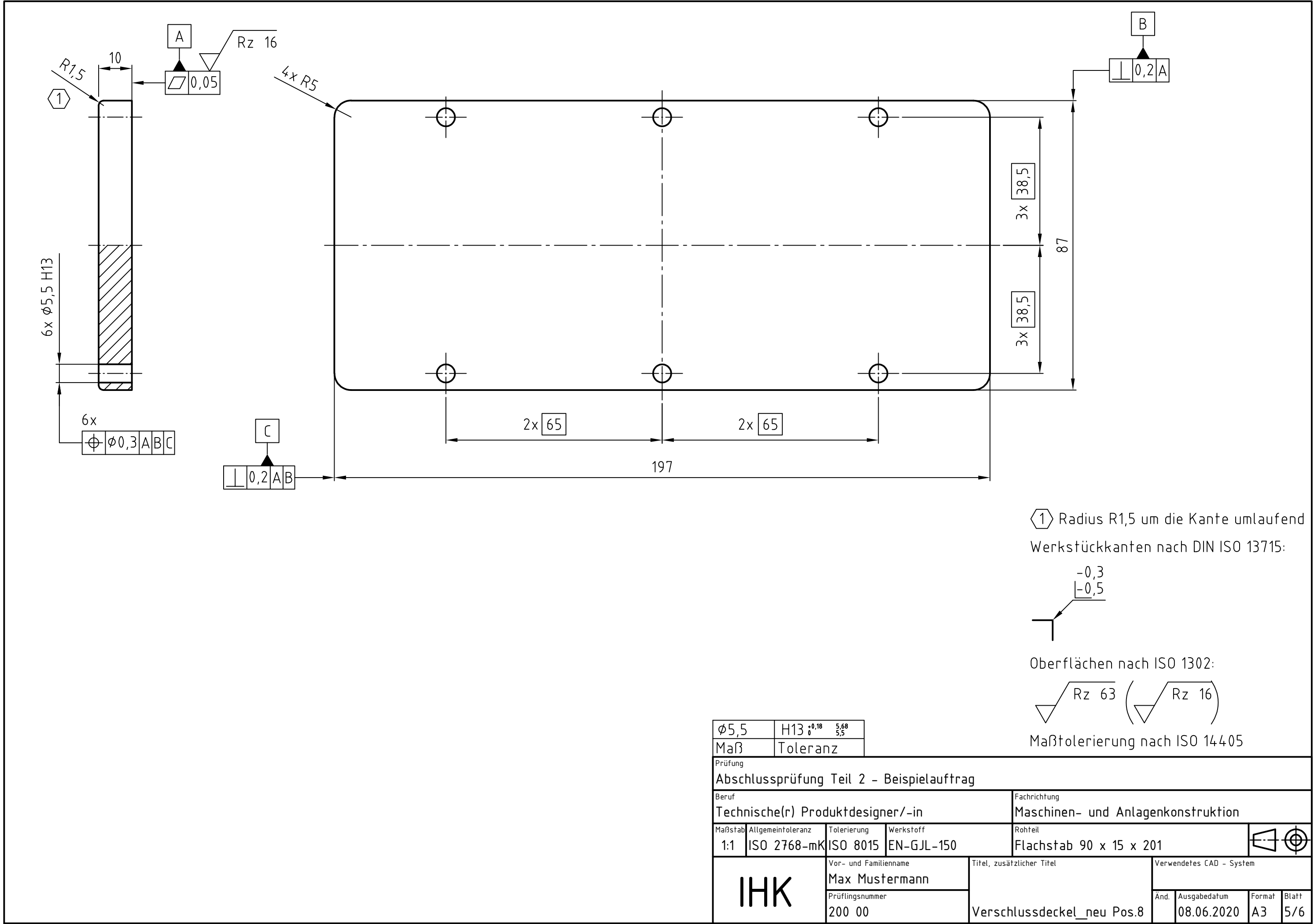


Maßtolerierung nach ISO 14405

30	k6	+0,015 +0,002	30,015 30,002
28,6	h12	0 -0,21	28,6 28,39
25	j6	+0,01 -0	25,01 25
23,9	h12	0 -0,21	23,9 23,69
22	s6	+0,05 +0,04	22,05 22,04
20	j6	+0,01 -0	20,01 20
8	JS9	+0,02 -0,02	8,02 7,98
6	JS9	+0,02 -0,02	6,02 5,99
1,6	H13	+0,14 0	1,74 1,6
1,3	H13	+0,14 0	1,44 1,3
Maß	Toleranz		

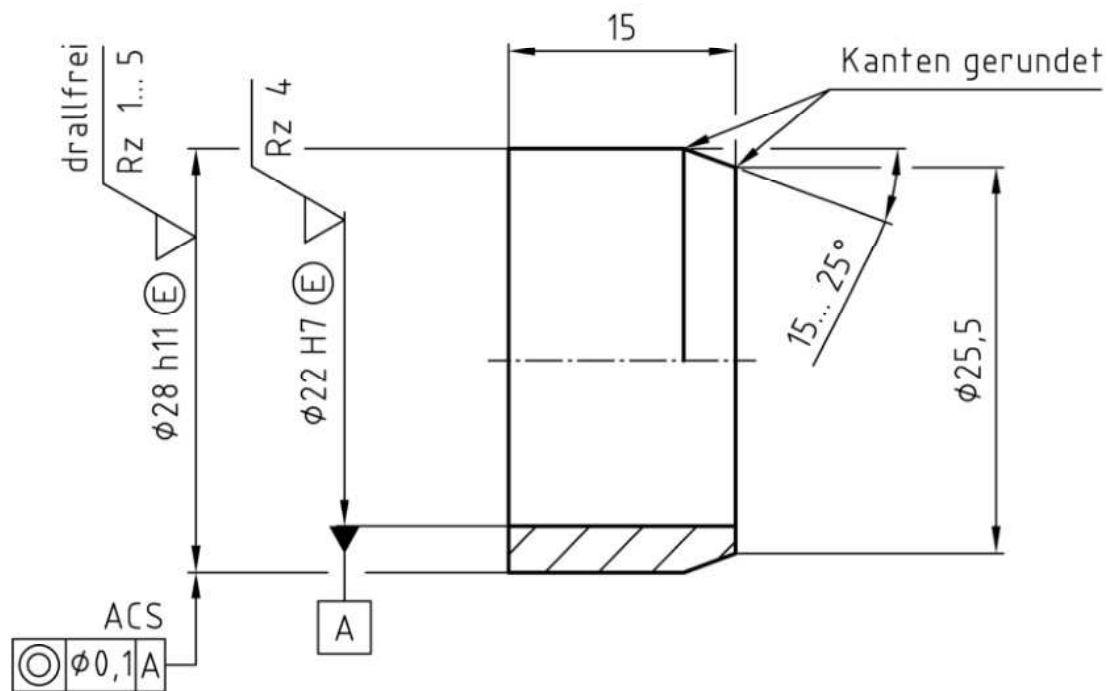


Prüfung				
Abschlussprüfung Teil 2 - Beispielauftrag				
Beruf			Fachrichtung	
Technische(r) Produktdesigner/-in			Maschinen- und Anlagenkonstruktion	
Maßstab	Allgemeintoleranz	Tolerierung	Werkstoff	Rohrteil
1:1	ISO 2768-mK	ISO 8015	Stahl ISO 683 - C45	Rundstab EN 10060 - 40 x 159
Vor- und Familienname		Titel, zusätzlicher Titel		Verwendetes CAD - System
Max Mustermann				
Prüfungsnummer				
200 00		Abtriebswelle_neu Pos.3		
Änd.	Ausgabedatum	Format	Blatt	
	08.06.2020	A3	4/6	

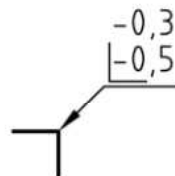


$\phi 5,5$	H13 $\begin{smallmatrix} +0,18 \\ -0,18 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 5,68 \\ 5,5 \end{smallmatrix}$
Maß	Toleranz	

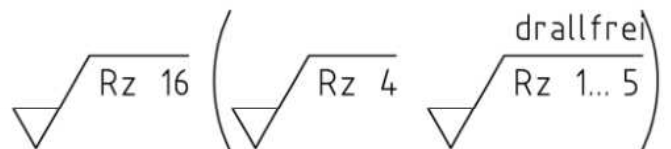
Prüfung				
Abschlussprüfung Teil 2 – Beispielauftrag				
Beruf			Fachrichtung	
Technische(r) Produktdesigner/-in			Maschinen- und Anlagenkonstruktion	
Maßstab	Allgemeintoleranz	Tolerierung	Werkstoff	Rohenteil
1:1	ISO 2768-mK	ISO 8015	EN-GJL-150	Flachstab 90 x 15 x 201
IHK		Vor- und Familienname	Titel, zusätzlicher Titel	
		Max Mustermann		
		Prüfungsnummer	Verwendetes CAD - System	
		200 00		
		Verschlussdeckel_neu Pos.8		Änd.
				Ausgabedatum
				Format
				Blatt
				5/6



Werkstückkanten nach DIN ISO 13715:



Oberflächen nach ISO 1302:



Maßtolerierung nach ISO 14405

$\phi 28$	$h11$	0	$-0,13$	28	$27,87$
$\phi 22$	$H7$	$+0,021$	0	$22,021$	22
Maß	Toleranz				

Prüfung

Abschlussprüfung Teil 2 - Beispielauftrag

Beruf				Fachrichtung			
Technische(r) Produktdesigner/-in				Maschinen- und Anlagenkonstruktion			
Maßstab	Allgemeintoleranz	Tolerierung	Werkstoff	Rohteil			
2:1	ISO 2768-mK	ISO 8015	Stahl ISO 683 - C35	Rundstab EN 10060 - 32 x 17			
IHK		Vor- und Familienname		Titel, zusätzlicher Titel		Verwendetes CAD - System	
		Max Mustermann					
		Prüfungsnummer		Laufbuchse Pos.11		Änd.	Ausgabedatum
200 00			08.06.2020			A4	6/6

Anlage 5.6 Lastenheft

Lastenheft zum betrieblichen Auftrag „Überholung eines Stirnradgetriebes“

Lfd. Nr.	Anforderung laut Arbeitsauftrag	Pflicht	Ziel	Wunsch
1	Drei Varianten zur Befestigung des Deckels entwickeln, vergleichen und bewerten	X		
2	Neue Deckelbefestigung soll Verschleiß am Gehäuse Pos. 1 bei der Wartung reduzieren	X		
3	Schauglas auf Höhe des Ölfüllstands der Tauchschrnerung im Gehäuse Pos. 1 vorsehen	X		
4	Laufbuchse für RWDR Pos. 19 auf den Wellen Pos. 2 und Pos. 3 vorsehen, sodass sich die RWDR nicht mehr in die Wellen einlaufen	X		
5	Betrachtung und passende Auswahl des Materials für Laufbuchse für die RWDR unter Beachtung von Fertigung, Montage und Verschleiß		X	
6	Möglichst viele Normteile verwenden			X
7	Möglichst wenig vorhandene Bauteile ändern			X
8	Rechnerischer Nachweis der Lebensdauer von min. 7 000 Stunden der Kugellager Pos. 13 bei der Eingangsleistung von 1,65 kW und einer Eingangsrehzahl von 1800 min ⁻¹		X	

Erläuterung der Anforderungsarten:

Eine Pflichtanforderung ist unter allen Umständen zu erfüllen.

Eine Zielanforderung ist eine einzuhaltende Forderung unter Vorgabe von konkreten Mindest- / Höchstwerten oder Eigenschaften.

Eine Wunschanforderung soll berücksichtigt werden, muss aber nicht zwangsläufig erfüllt werden.

Anlage 5.7 Pflichtenheft

Pflichtenheft zum betrieblichen Auftrag „Überholung eines Stirnradgetriebes“

Lfd. Nr.	Anforderung laut Arbeitsauftrag	Erfüllung der Anforderung
1	Drei Varianten zur Befestigung des Deckels entwickeln, vergleichen und bewerten.	Drei Varianten werden entworfen (siehe Skizzen Anlage 5.2 der Dokumentation). Drei Varianten werden verglichen und bewertet (siehe Dokumentation Punkt 2.3 und 2.4).
2	Neue Deckelbefestigung soll Verschleiß am Gehäuse Pos. 1 bei der Wartung reduzieren.	Durch den Einsatz von Stiftschrauben müssen diese nur bei Verschleiß der Mutter oder der Stiftschraube selbst getauscht werden. Das schont die Gewinde im Gehäuse (Pos. 1) deutlich.
3	Schauglas auf Höhe des Ölfüllstands der Tauchschrömerung im Gehäuse Pos. 1 vorsehen.	Ein Ölschauglas wird auf Höhe der Tauchschrömerung vorgesehen (siehe Dokumentation Punkt 3.2 sowie Zeichnungssatz Anlagen 5.5).
4	Laufbuchse für RWDR Pos. 19 auf den Wellen Pos. 2 und Pos. 3 vorsehen, sodass sich die RWDR nicht mehr in die Wellen einlaufen.	Eine Laufbuchse für den RWDR wird eingepflegt (siehe Dokumentation Punkt 3.3.2 sowie den Zeichnungssatz Anlagen 5.5).
5	Betrachtung und passende Auswahl des Materials für Laufbuchse für die RWDR unter Beachtung von Fertigung, Montage und Verschleiß.	Die Materialauswahl der Laufbuchse wird Fertigung, Montage und Verschleiß in Betracht ziehen (siehe Dokumentation Punkt 3.3.1 und 3.3.2).
6	Möglichst viele Norm- und Kaufteile verwenden.	Es werden nur Komponenten selbst gefertigt, die nicht als Norm- bzw. Kaufteile erhältlich sind (siehe Datenblätter Anlagen 5.3 und Zeichnungssatz Anlagen 5.5).

Lfd. Nr.	Anforderung laut Arbeitsauftrag	Erfüllung der Anforderung
7	Möglichst wenig vorhandene Bauteile ändern.	Im Rahmen dieses Auftrages werden möglichst wenig Bauteile geändert (siehe Zeichnungssatz Anlagen 5.5).
8	Rechnerischer Nachweis der Lebensdauer von min. 7 000 Stunden der Kugellager Pos. 13 bei der Eingangsleistung von 1,65 kW und einer Eingangsrehzahl von 1800 min ⁻¹	Ein Rechnerischer Nachweis zur Lebensdauer L_{10h} von 7 000 Stunden der Kugellager bei den gegebenen Nenndaten wird erbracht (siehe Berechnungen Anlage 5.4).

TECHNISCHER PRODUKTDESIGNER

Antrag auf Genehmigung des Betrieblichen Auftrages zur Abschlussprüfung Teil 2

Sommer 2020
Winter**(Abgabefrist bei der IHK: 20. März)**
(Abgabefrist bei der IHK: 20. September)**Technische/r Produktdesigner/-in**

Berufsbezeichnung / Einsatzgebiet

Max Mustermann**Musterfirma GmbH**

Antragsteller/-in (Prüfungsteilnehmer/-in)

Ausbildungsbetrieb

Musterstraße 1**Musterstraße 2**

Straße

Straße

13 000 Berlin**13 000 Berlin**

PLZ und Ort

PLZ und Ort

030/ 123 456**030/ 123 456 -78**

Tel.-Nr.

Tel.-Nr.

m.mustermann@musterfirma.de**b.treuer@musterfirma.de**

Email-Adresse

Email-Adresse

Bezeichnung des Betrieblichen Auftrages:

Überholung eines Stirnradgetriebes

Beschreibung des Betrieblichen Auftrages:

Beschreiben Sie kurz und in verständlicher Form Ihren Betrieblichen Auftrag. Beschreiben Sie dabei den Ausgangszustand, das Ziel der Arbeit, die Rahmenbedingungen (Arbeitsumfeld), die Aspekte der einzelnen Phasen und die wesentlichen Tätigkeiten. Zum Nachweis kommt insbesondere die Erstellung oder Änderung eines 3D-Datensatzes in Betracht. Geben Sie die voraussichtlich zu benötigende Zeit und die praxisbezogenen Unterlagen an, die voraussichtlich bei der Durchführung des Auftrages entstehen werden.

Ausgangszustand, Ziel, Rahmenbedingungen:

Im Rahmen der Überholung eines Stirnradgetriebes sollen Änderungen eingepflegt werden, die sich aus Erfahrungen im Betrieb ergeben haben. Unter anderem wurde festgestellt, dass durch die derzeitige Auslegung der Befestigung des Deckels Pos.8 am Gehäuse Pos. 1 der Verschleiß im Rahmen der Wartung sehr hoch ist, da bei jeder Kontrolle des Öles der Deckel demontiert werden muss. Dies führt zur Abnutzung des Gewindes im Gehäuse Pos. 1. Es soll eine Variantenkonstruktion aus drei Entwürfen erstellt und diese verglichen werden. Zudem soll ein Schauglas auf Höhe der Tauchschmierung vorgesehen werden.

Darüber hinaus müssen jedes Mal bei Tausch der Radialwellendichtringe Pos. 19 auch die Antriebswelle Pos. 2 und die Abtriebswelle Pos. 3 getauscht werden, da sich der Dichtring in die Welle eingelaufen hat. Deshalb soll eine Laufbuchse auf der Welle vorgesehen werden, die bei einem Wechsel der Dichtringe getauscht wird. Das Material der Laufbuchse soll möglichst günstig gewählt werden und Fertigung, Montage und Verschleiß berücksichtigen.

In dem gesamten Prozess sollen möglichst viele Normteile verwandt und möglichst wenig bestehende Bauteile geändert werden.

In diesem Rahmen soll eine Kundenanfrage geprüft werden. Der Kunde wünscht einen rechnerischen Nachweis der Lebensdauer (L10h) von mindestens 7 000 Stunden der Rillenkugellager Pos. 13 in seiner Anwendung. Dabei wird eine Leistung von 1,65 kW bei einer Eingangsrehzahl von 1800 min⁻¹ und einem Wirkungsgrad von 0,92 übertragen.

Anlage 5.9

Planung:

ca. 8 Stunden

Aufgabenanalyse und Informationsbeschaffung/ Recherche, Erstellung eines Lastenhefts und Pflichtenhefts, Erstellung eines SOLL-Projektplanes.

Konzeption/Entwurf:

ca. 6 Stunden

Methodische Ideenfindung, Erstellung der Handskizzen zu den entworfenen Varianten, methodischer Vergleich und Bewertung der Lösungsvarianten.

Anlage 5.9

Ausarbeitung:

ca. 16 Stunden

Konstruktive und zeichnerische Änderung der Gehäusedeckelbefestigung, Positionsbestimmung und Auswahl des Ölschauglases, Materialauswahl und Gestaltung der Laufbuchsen, Änderung der im Getriebe verwandten Radialwellendichtringe, einpflegen in die Baugruppe und konstruktive Änderungen ausführen. Berechnung der Lebensdauer L10h.

Dokumentation/Präsentation:

ca. 38 Stunden

Erstellen einer schriftlichen Dokumentation als begleitende Unterlage. Recherchieren und Sammeln von Quellen und Datenblättern, abschließende Kontrolle der Texte und Zeichnungen und Erstellen des IST-Projektplanes.

Drucken und falten der Dokumentationsunterlagen und Zeichnungen, Zusammenstellen der Dokumentationshefter für den Prüfungsausschuss.