

1.1.5 Schneidenradius

Eine Werkzeugschneide ohne Schneidenradius (*edge radius*) würde sehr schnell verschleifen. Deshalb sind die Schneiden-ecken abgerundet.

Beim **Schruppen** werden Schneidenradien möglichst groß gewählt, wodurch eine stabile Schneidkante erreicht wird. Beim Schruppdrehen liegen sie oft zwischen 1,2 mm und 1,6 mm, wobei der **Vorschub** f oft bei der **Hälfte des Schneidenradius** liegt.

Beim Schlichten hat der Schneidenradius maßgeblichen Einfluss auf die Oberflächenqualität (Bild 1):

MERKE

Je größer der Schneidenradius, desto besser die Oberflächenqualität.

Beim Schlichten können die erreichbare **Rautiefe** (*surface roughness*) R_t (vgl. Kap. 9.6.3) bzw. der erforderliche Vorschub f angenähert nach folgenden Formeln bestimmt werden (Bild 1):

$$R_t = \frac{f^2 \cdot 1000}{8 \cdot R}$$

$$f = \sqrt{\frac{R_t \cdot 8 \cdot R}{1000}}$$

R_t : Rautiefe in μm

f : Vorschub in mm

R : Schneidenradius in mm

Beim **Schlichtdrehen** liegt der Vorschub oft bei einem **Drittel des Schneidenradius**.

Überlegen Sie!

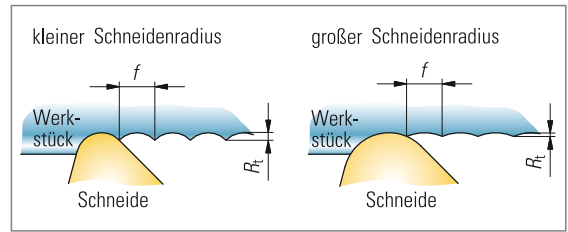
1. Welche Rautiefe wird bei einem Vorschub von 0,25 mm bei einem Schneidenradius von 0,8 mm erreicht?
2. Welcher Vorschub ist einzustellen, wenn eine Rautiefe von 6,3 μm bei einem Schneidenradius von 1,2 mm erzielt werden soll?

1.1.6 Verschleiß, Standzeit, Aufbauschneide

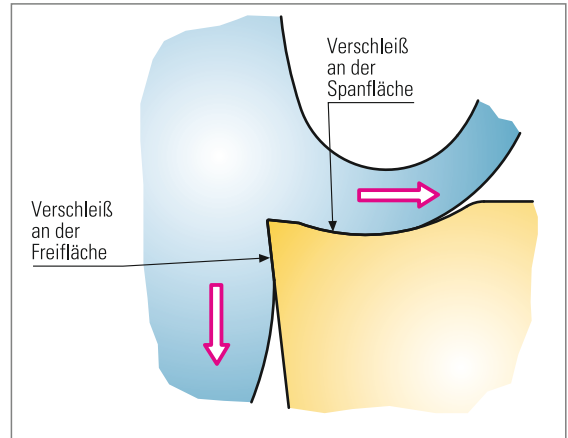
Während der Span bei der Spanabnahme über die Spanfläche gleitet, kommt auch die Freifläche mit dem Werkstück in Kontakt (Bild 2). An beiden Stellen entsteht Reibung, die zur Abnutzung der Schneide, d. h. zum Verschleiß (*abrasion*) führt. Wird der Verschleiß zu groß, kann das Werkzeug seine Aufgabe nicht mehr erfüllen. Zwei wichtige Verschleißarten sind in Bild 3 dargestellt.

Beim **Schlichten** gilt eine Schneide als verschlissen, wenn die geforderte Oberflächengüte nicht mehr erreicht wird. Dabei ist der **Freiflächenverschleiß** oft die entscheidende Größe. Wenn die Verschleißbreite ein bestimmtes Maß (z. B. 0,2 mm) erreicht hat, ist das Werkzeug zu wechseln.

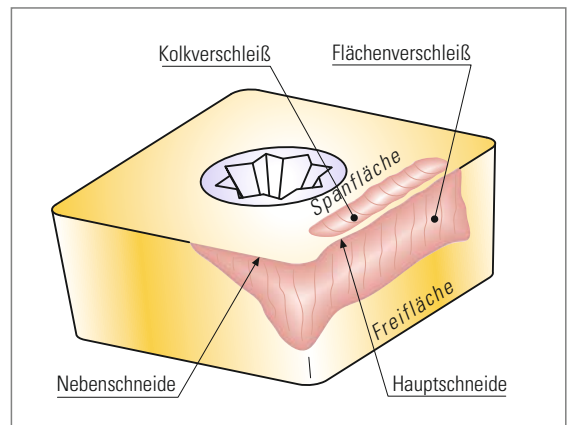
Beim **Schruppen** muss das Werkzeug z. B. dann gewechselt werden, wenn der Span nicht mehr richtig bricht. Übermäßiger **Kolkverschleiß** führt zur Schwächung der Schneidkante, so dass die Gefahr des Schneidenbruchs entsteht.



1 Schneidenradius und Oberflächenqualität



2 Verschleiß an Frei- und Spanfläche



3 Freiflächenverschleiß und Kolkverschleiß an der Spanfläche

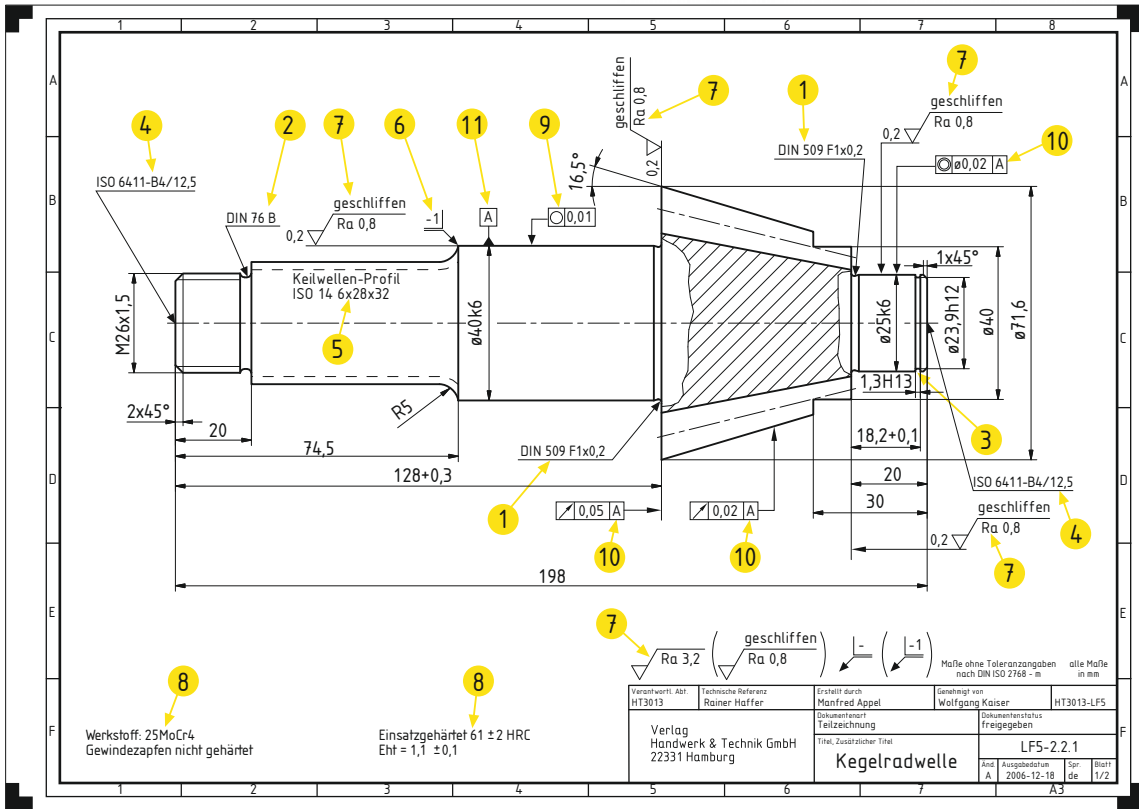
MERKE

Die Zeit, die eine Schneide ununterbrochen im Einsatz ist, heißt Standzeit.

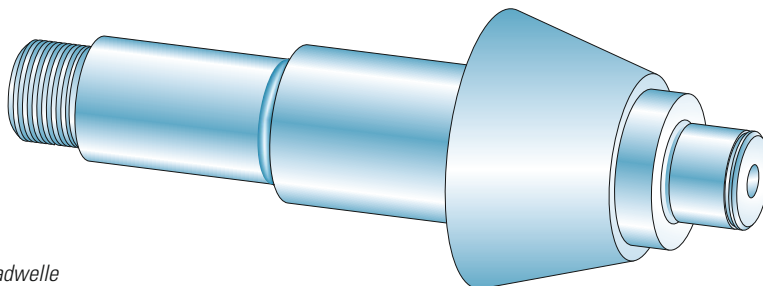
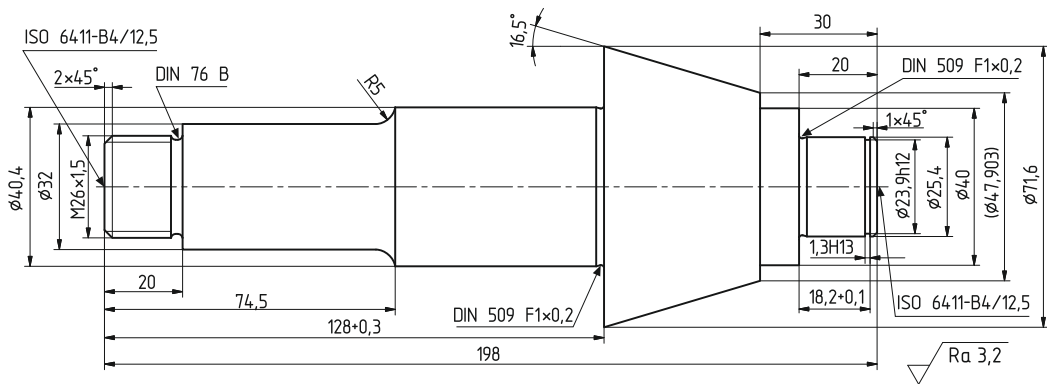
Oft liegt den Angaben für die optimalen Einstellwerte eine Standzeit (*endurance*) von 15 Minuten zugrunde. Die Vergrößerung der Schnittgeschwindigkeit um 10% senkt z. B. die Standzeit von 15 auf ca. 10 Minuten. Eine Senkung auf 70% der angegebenen Schnittgeschwindigkeit erhöht z. B. die Standzeit auf 60 Minuten. Es ist meist wirtschaftlicher, die Schnittgeschwindigkeit bei abnehmender Standzeit zu steigern, weil damit Fertigungszeiten sinken.

2.2 Arbeitsauftrag

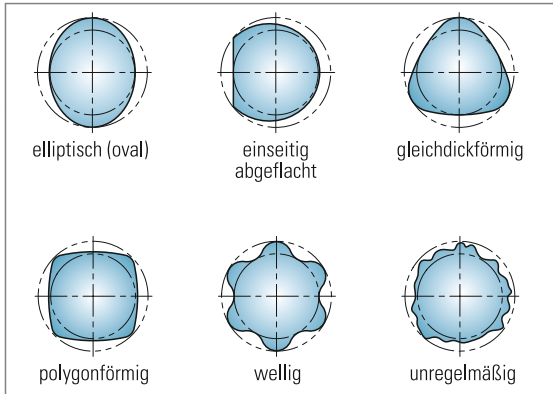
Aus einem Rohling von 75 × 202 ist die Kegelradwelle aus 20MoCr4 als Ersatzteil herzustellen.



1 Kegelradwelle



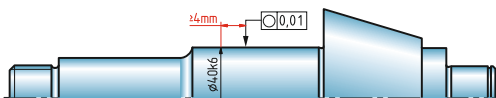
2 Drehteil Kegelradwelle



1 Rundheitsabweichungen

ausgerichtet werden. Die Abweichungen der **Winkeligkeit** (*angularity*) und der **Exzentrizität**¹⁾ (*excentricity*) werden mit Unterstützung der Software minimiert. Von Hand werden die oberste und die unterste Messstelle angefahren. Nach dem Start des Messzyklus regelt das Messprogramm das Drehen der Kegelradwelle um jeweils 360°. Dabei wird die Oberfläche gescannt. Je nach Voreinstellung wird dieser Vorgang in anderen Höhen (Z-Positionen) wiederholt. Das Ergebnis kann als **Prüfprotokoll** ausgedruckt werden. Bild 1 auf Seite 99 zeigt ein Prüfprotokoll für die insgesamt 6 Messstellen. Die größte Abweichung beträgt 4,033 µm. Sie liegt also deutlich unter den geforderten 10 µm. Die Rundheit der gemessenen Kegelradwelle ist im zulässigen Toleranzbereich.

Da jeder Wellenabsatz für sich betrachtet wird, macht die Rundheitsabweichung keine Aussage über Exzentrizitäten der einzelnen Wellenabschnitte. Die Rundheit bezieht sich immer auf die Mantellinie einer Welle. Folglich ist beim Zeichnen darauf zu achten, dass der Toleranzpfeil nicht auf den Maßpfeil der Durchmesserbemaßung trifft. Ein Versatz von mindestens 4 mm ist durch die Norm vorgeschrieben (Bild 3).



3 Eintragen der Rundheit

Überlegen Sie!

1. Welche geometrischen Formen werden von den Formtoleranzen erfasst?
2. Mit welchem Gerät kann die Ebenheit geprüft werden?
3. Warum dürfen verschiedene Formtoleranzen desselben Werkstücks nicht miteinander in Beziehung gebracht werden?



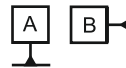
2 Rundheitsmessung mit einem Formmessgerät

MERKE

Geprüfte Formtoleranzen sind Einzelaussagen, die nur für die jeweils geprüfte Form gelten. Sie dürfen nicht miteinander verknüpft werden (Unabhängigkeitsprinzip²⁾).

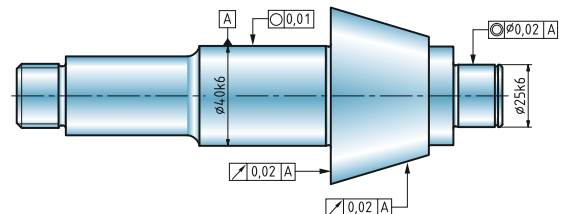
9.7.2 Lagetoleranz

Die Lage von Geometrieelementen wie z. B. von Lagersitzen auf einer Welle ist für die Funktion von entscheidender Bedeutung. Zu jeder Lagetoleranz (*positional tolerance*) werden ein **Bezugselement** und ein **toleriertes Element** benötigt. Ein Bezugsdreieck und ein Großbuchstabe in einem quadratischen Rahmen kennzeichnen das Bezugselement.



4 Symbole für Bezüge

Bei der Kegelradwelle ist die Mittellinie des Lagersitzes $\varnothing 40k6$ als Bezugselement A definiert. Weil das Bezugsdreieck auf dem Maßpfeil der Durchmesserangabe steht, ist die Mittellinie das Bezugselement. Bild 5 zeigt eine vereinfachte Technische Zeichnung der Kegelradwelle, die nur die Bemaßung für Form- und Lagetoleranzen enthält.



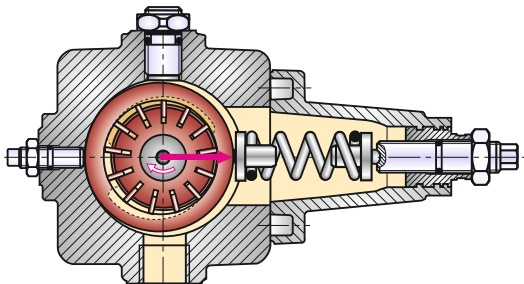
5 Form- und Lagetoleranzen der Kegelradwelle

Um beide Wälzlagersitze zueinander auszurichten, wird eine **Koaxialität** (*concentricity*) (Fluchten von Drehachsen einzelner Wellenabsätze) für beide Achsen definiert. Die Achsen dürfen sich in einem kleinen Zylinder mit dem Durchmesser 0,02 mm befinden, solange jeder Punkt der Achse innerhalb dieses Zylinders

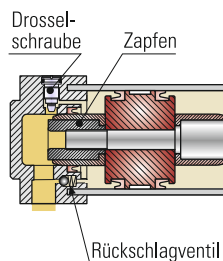
1) Exzentrizität: Abstand vom Mittelpunkt, Außermittigkeit 2) DIN ISO 8015

ÜBUNGEN

1. Wie unterscheidet sich die Pneumatik von der Hydraulik hinsichtlich nachfolgender Kriterien?
 - a) Eigenschaft des Mediums
 - b) Drücke
 - c) Positioniergenauigkeit
 - d) Geräuschentwicklung
2. Wie ist eine Hydraulikanlage aufgebaut?
3. Was versteht man unter dem Begriff „Kavitation“ und unter welchen Umständen kann Kavitation entstehen?
4. Wie groß ist der Volumenstrom \dot{V} einer Hydraulikpumpe mit der Nenngröße 5 bei einer Umdrehungsfrequenz von 750/min (Seite 165 Tabelle Bild 1)? Welche Strömungsgeschwindigkeit ergibt sich in einer Druckleitung mit einem Innendurchmesser von 8 mm? Beurteilen Sie das Ergebnis.
5. Wie heißen die Messgeräte zur Messung des Überdrucks und des Volumenstroms in Hydraulikanlagen?
6. Welchen Zweck erfüllen hydro-elektrische Druckschalter?
7. Bei einem Versuch zur Überprüfung des Volumenstroms werden in einem Messbecher in 10 Sekunden 3670 cm³ Öl aufgefangen. Wie groß ist der Volumenstrom in l/min?
8. Welchen Vorteil hat die innenverzahnte Zahnradpumpe gegenüber der außenverzahnten?
9. Wie heißt die dargestellte Pumpe und wie kann der Förderstrom dieser Pumpe verändert werden?

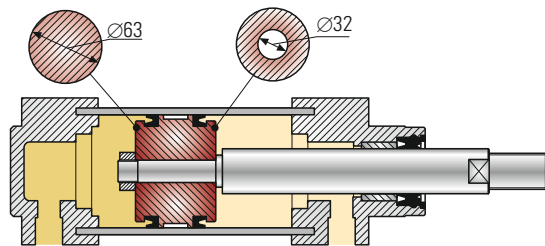


10. Welche Kolbenpumpen unterscheidet man und was sind ihre wichtigsten Eigenschaften?
11. Bei Hydraulikzylindern spricht man von einer hohen Leistungsdichte. Was ist unter diesem Begriff zu verstehen?
12. Wo kommen einfach wirkende Zylinder zum Einsatz?

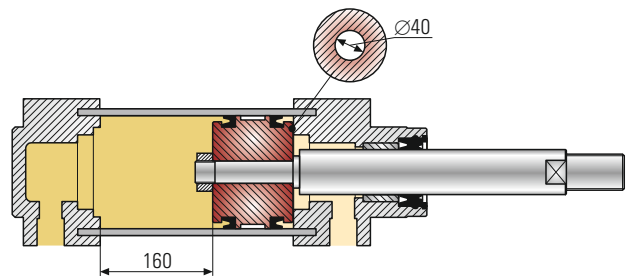


13. Welche Aufgaben haben der Zapfen, das Rückschlagventil und die Drosselschraube bei dem dargestellten Zylinder?

14. Berechnen Sie die Aus- und Einfahrgeschwindigkeit für den doppelt wirkenden Zylinder, wenn der Volumenstrom \dot{V} auf einen Wert von 10 l/min eingestellt ist.



15. Berechnen Sie den einzustellenden Volumenstrom \dot{V} , der für einen Vorschub von 85 mm/min an einer Bohrmaschine nötig ist. Der Kolben hat einen Durchmesser von 50 mm.
16. Eine Hydraulikpumpe liefert einen Volumenstrom von 41 l/min. Verluste werden vernachlässigt.



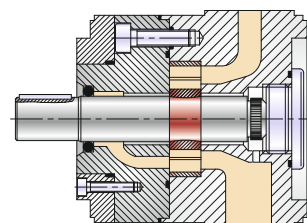
- a) Wie groß darf der Kolbendurchmesser bei einer Ausfahrgeschwindigkeit von 4500 mm/min höchstens sein?
- b) Wie groß muss die Pumpenleistung bei dieser Ausfahrgeschwindigkeit und bei einer geforderten Druckkraft von 55000 N mindestens sein?
- c) Berechnen Sie die Stromaufnahme des Antriebsmotors für die Pumpe bei einer Spannung von 230 V.
- d) Welches Drehmoment würde ein Hydraulikmotor mit der aus b) berechneten Pumpenleistung bei einer Umdrehungsfrequenz von 60/min erzeugen?

17. Welchen Vorteil hat die Verwendung von Sitzventilen gegenüber den Schieberventilen?

18. Wie heißt das abgebildete Ventil. Was muss am Anschluss T des Ventils angeschlossen werden?



19. Wo ist bei der dargestellten Zahnradpumpe der Saug- bzw. Druckanschluss? Begründen Sie!



Jetzt wird der Drehpunkt gedanklich in das **Loslager** F_B gelegt. F wirkt nun mit dem Hebelarm l_2 , das Drehmoment ist linksdrehend. F_A wirkt mit dem Hebel l_{ges} . Das Drehmoment ist rechtsdrehend.

Beispielrechnung

$$F_A \cdot l_{ges} = F \cdot l_2$$

$$F_A = \frac{F \cdot l_2}{l_{ges}}$$

$$F_A = \frac{5000 \text{ N} \cdot 120 \text{ mm}}{305 \text{ mm}}$$

$$F_A = 1967,2 \text{ N}$$

4. Schritt: Probe mithilfe der Kräftegleichung
Um Rechenfehler auszuschließen, ist eine **Probe** sinnvoll. Diese erfolgt mithilfe der Kräftegleichung:

Summe der nach oben wirkenden Kräfte	=	Summe der nach unten wirkenden Kräfte
$\Sigma F \uparrow$	=	$\Sigma F \downarrow$

Beispielrechnung

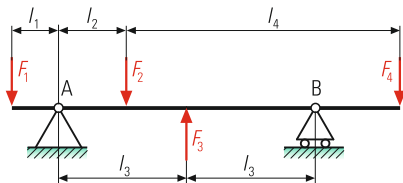
$$F_A + F_B = F$$

$$1967,2 \text{ N} + 3032,8 \text{ N} = 5000 \text{ N}$$

$$5000 \text{ N} = 5000 \text{ N} \text{ (wahre Aussage)}$$

ÜBUNGEN

- Nennen Sie die mechanischen Beanspruchungsarten und jeweils ein Bauteil, in dem die jeweilige Beanspruchung hauptsächlich auftritt.
- Was versteht man unter dynamischer Belastung?
- Erläutern Sie den Unterschied zwischen Achsen und Wellen.
- Berechnen Sie die Auflagerkräfte F_A und F_B der folgenden bereits vereinfachten Systeme:

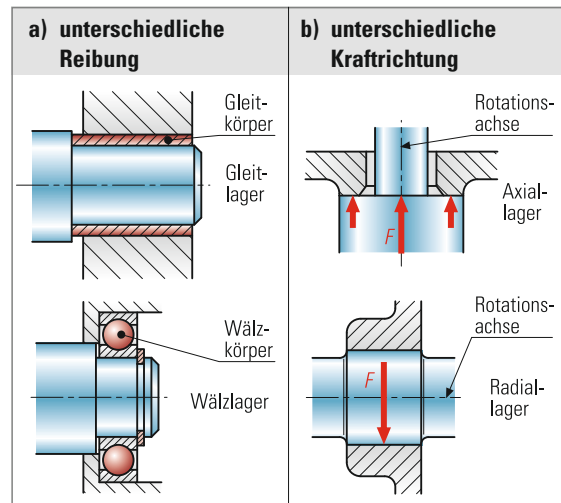


	F_1 in N	F_2 in N	F_3 in N	F_4 in N	l_1 in m	l_2 in m	l_3 in m	l_4 in m
a)	–	50	–	40	0,1	0,2	0,3	0,6
b)	0,5	–	3	3,5	0,15	0,3	0,9	0,2
c)	–	350	400	260	–	0,5	0,25	0,9

2 Gleitlager

2.1 Einteilung der Lager

Eine Einteilung der Lagerarten ergibt sich aus den Reibverhältnissen innerhalb des Lagers. **Gleitlager** (*slide bearings*) übertragen die Lagerkräfte von der Welle direkt auf das Gehäuse. Es herrscht dort **Gleitreibung**. **Wälzlager** (*rolling bearings*) übertragen diese Kräfte mithilfe von Wälzkörpern. Da diese am Umfang der Lagerringe abrollen, herrscht dort überwiegend **Rollreibung** (Bild 1a). Ein weiteres Unterscheidungskriterium ist die Krafrichtung, die das Lager aufnehmen muss (Bild 1b).



1 Einteilung der Lager

MERKE

Radiallager (*radial bearings*) nehmen Kräfte senkrecht zur Rotationsachse (radial) einer Welle oder Achse auf.
Axiallager (*axial bearings*) nehmen Kräfte in Richtung der Rotationsachse (axial) einer Welle oder Achse auf.

2.2 Übersicht

Gleitlagerkonstruktionen gehören zu den ältesten Bauarten von Lagerungen und sind in vielen Bereichen des Maschinenbaus zu finden. Radial- und Axialgleitlager sind wichtige Funktionselemente mit einer Vielzahl von Vorteilen:

- preiswert in Anschaffung und Montage
- geringer Verschleiß
- Dünnwandigkeit spart Platz und Masse
- wartungsarm bis wartungsfrei
- geräuschkämpfend
- je nach Lagerwerkstoff ohne Schmierung einsetzbar, daher unter Umständen wartungsfreier Betrieb möglich
- abhängig vom Lagerwerkstoff großer Temperaturbereich –200°C bis +280°C während des Betriebes möglich

1.1.1 Koordinatensysteme an Werkzeugmaschinen

Die Zuordnung der Achsen für die Werkzeugmaschinen orientiert sich an deren Hauptführungsbahnen.

Z-Achse: Sie fällt mit der **Arbeitsspindel** (*working spindle*) zusammen. Damit ist zunächst nur ihre Lage, aber noch nicht ihre Richtung festgelegt. Die **positive Richtung** verläuft **vom Werkstück zum Werkzeug** (Bild 1).

X-Achse: Sie ist die **Hauptachse** (*principal axis*) in der **Positionierebene**. Sie liegt parallel zur Werkstück-Aufspannfläche. Die **positive Richtung** verläuft **vom Werkstück zum Werkzeug** (Bild 1).

Y-Achse: Ihre Lage und Richtung ergibt sich nach dem Festlegen der Z- und X-Achse zwangsläufig aus dem rechtshändigen rechtwinkligen Koordinatensystem.

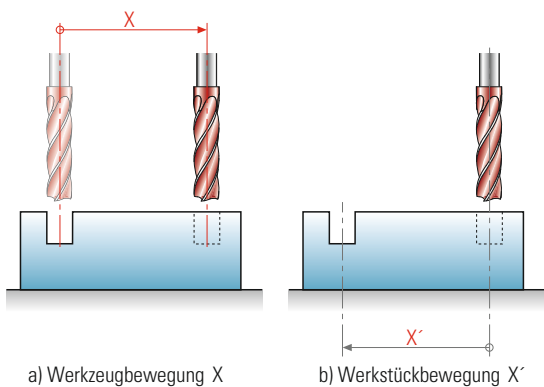
Für eine CNC-Drehmaschine, die in zwei Achsen verfahren kann, liegen die Achsen ebenso eindeutig fest (Bild 2) wie für die Fräsmaschine mit senkrechter Arbeitsspindel (Bild 3).

1.1.2 Bewegungsdefinitionen

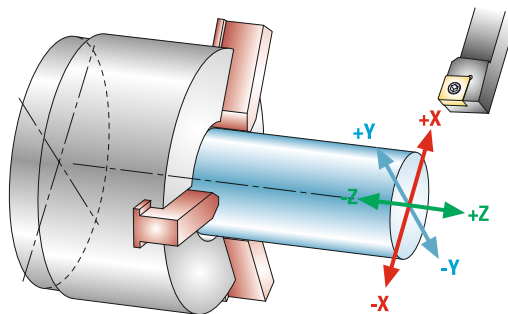
MERKE

Bei der Programmierung von CNC-Maschinen wird prinzipiell davon ausgegangen, dass sich das Werkzeug gegenüber dem Werkstück relativ bewegt.

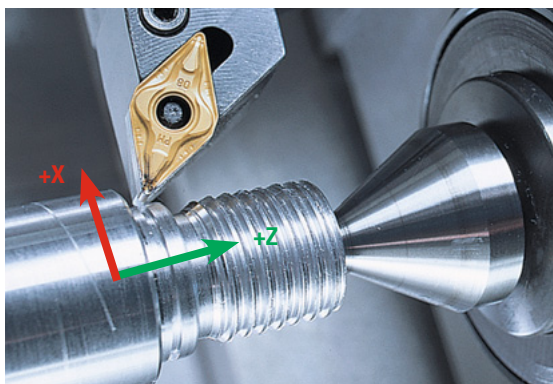
Das ist bei den Werkzeugmaschinen nicht immer der Fall. Bei Fräsmaschinen mit senkrechter Arbeitsspindel (Bild 3) führt z. B. der Frästisch meist die Arbeitsbewegung in der X-Achse durch. Die Bewegung des Tisches und damit die des Werkstücks wird in der X-Achse mit X' bezeichnet. In Bild 4 ist zu erkennen, dass eine Werkstückbewegung in X'-Richtung zum gleichen Ergebnis führt, wie eine Werkzeugbewegung in X-Richtung. Deshalb kann immer so programmiert werden, als ob das Werkzeug gegenüber dem Werkstück verfahren würde.



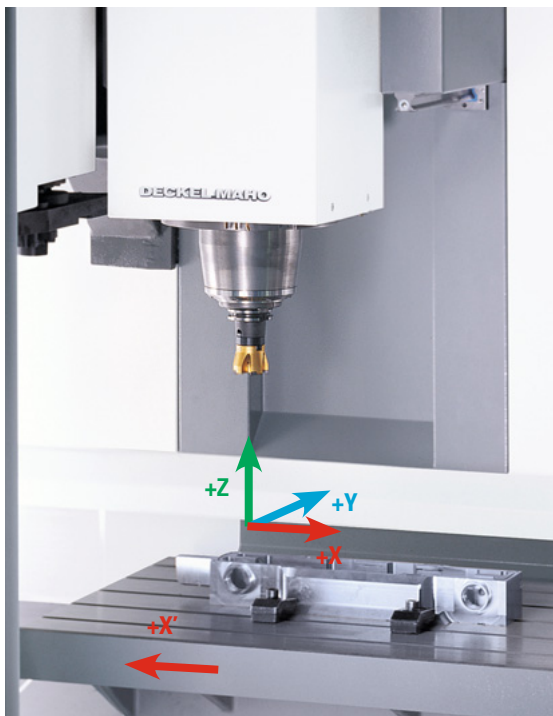
4 Bewegungen von Werkzeug und Werkstück



1 Achsen an der CNC-Drehmaschine mit dem Werkzeug hinter der Drehmitte



2 Koordinaten an der CNC-Drehmaschine



3 Koordinaten an einer CNC-Fräsmaschine mit senkrechter Arbeitsspindel

2.1.3 Arbeitsschritte bei einer störungsbedingten Instandsetzung

2.1.3.1 Störungsdiagnose (*malfunction diagnostics*)

Bei der Tischbohrmaschine (Bild 1) stellt der Bediener fest, dass der Hebel für die Drehfrequenzänderung klemmt, d. h., die Bohrspindel dreht sich nur mit **einer Umdrehungsfrequenz (rotational speed)**.

Der IST-Zustand stimmt mit dem SOLL-Zustand nicht überein (Seite 323 Bild 1). Eine Störung wurde diagnostiziert. Um mit der Bohrmaschine weiterhin fachgerecht und wirtschaftlich produzieren zu können, muss sie instandgesetzt werden. Dadurch steigt auch die **Verfügbarkeit (availability)** (siehe Lernfeld 4) der Bohrmaschine.

Der Fehler muss gesucht, gefunden und behoben werden. Anschließend wird die Tischbohrmaschine wieder in Betrieb genommen. Dabei wird zum einen die Funktionsfähigkeit getestet und zum Anderen die Fertigungsqualität der Testbohrungen überprüft. Wenn die Funktionskontrolle erfolgreich verlaufen ist und eine Genehmigung für die Wiederinbetriebnahme vorliegt, kann mit der Bohrmaschine erneut produziert werden. Um künftig mögliche Störungen zu vermeiden, muss während des Betriebs und z. B. im Rahmen einer **Inspektion (inspection)** (vgl. Lernfeld 4) fortlaufend ein SOLL-IST-Vergleich stattfinden.

2.1.3.2 Fehlersuche (*error diagnostics*)

Das Fehlermerkmal (*error characteristics*) „Hebel klemmt/Änderung der Umdrehungsfrequenz nicht möglich“ verweist hier auf eine mechanische Störung (Seite 324 Bild 1).

Die für die Instandsetzung zuständige Fachkraft analysiert deshalb zunächst die Gesamtzeichnung der Bohrmaschine (Seite 327 Bild 1).

Analyse der Gesamtzeichnung

Gesamtzeichnungen (*assembly drawings*) enthalten viele Informationen wie z. B.

- die Funktion (*function*) eines Geräts (*device*)
- die Lage (*position*) und Funktion von Gruppen (*subassemblies*) und Einzelteilen
- Montagehinweise (*mounting instructions*) und Demontagehinweise (*demounting instructions*)
- Wartungs- (*maintenance instructions*) und Instandhaltungshinweise (*service and maintenance instructions*)
- als Ersatzteilzeichnungen (*spare part drawings*) die Benennung von Gruppen und Verschleißteilen

Die Fachkraft muss durch richtige Herangehensweise die für sie erforderlichen Informationen herausfiltern. Sie muss mit einer konkreten Fragestellung, die sich aus dem Arbeitsauftrag ergibt, an die Zeichnung herangehen. Dazu muss sie die prinzipiellen Funktionszusammenhänge verstanden haben.

Der Arbeitsauftrag lautet hier:

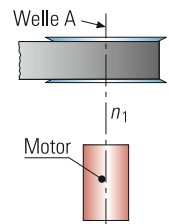
„An der Bohrmaschine klemmt der Hebel für die Verstellung der Umdrehungsfrequenz. Welche Ursachen sind dafür verantwortlich? Beheben Sie den Fehler.“



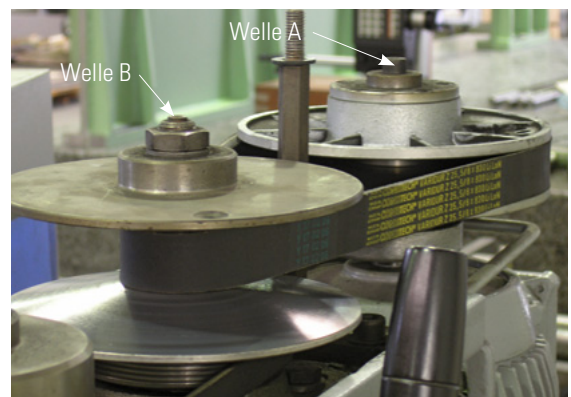
1 Tischbohrmaschine

Überlegen Sie!

1. Beschreiben Sie den Energiefluss zur Erzeugung der Schnittgeschwindigkeit vom Motor bis zur Bohrspindel.
2. Erstellen Sie nach nebenstehendem Beispiel eine Skizze für den Antrieb zwischen Motor und Bohrspindel. Tragen Sie die Drehrichtungen ein. Achten Sie dabei auf die richtige Drehbewegung der Bohrspindel. Tragen Sie die Umdrehungsfrequenzen n_1 , n_2 , n_3 und n_4 ein (Seite 327 Bild 1).



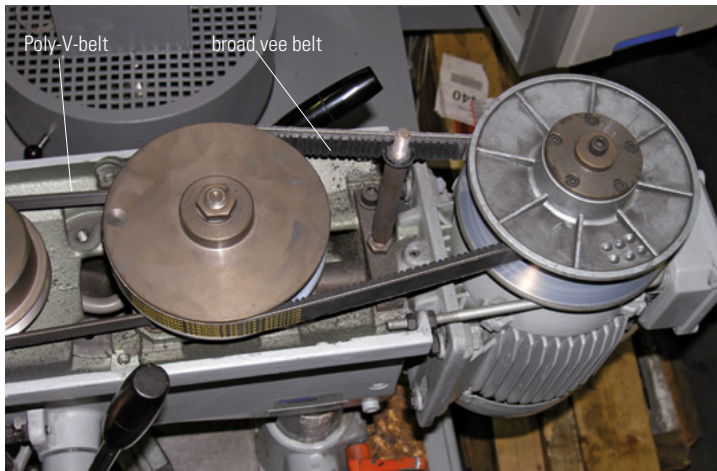
In Bild 2 ist die Breitkeilriemenverbindung zwischen Welle A und Welle B dargestellt.



2 Breitkeilriemenverbindung



7 Operating Manual – Change Driving Belt



Here you can see a photograph of the two belts inside the pillar drilling machine.

The instructions on pages 362 and 363 are part of the original operating manual for the pillar drilling machine. This part contains several sections including 'technical data', 'safety', 'accessories', 'maintenance' and also 'troubleshooting'.

The section on troubleshooting contains information about some problems which may occur, what causes them and how to deal with them, for example, how to change a damaged or broken belt.

If you read the information on the next two pages you will see that two different belts have to be changed in our example.

Assignments:

Now look at the instructions about 'Change broad vee belt' on p. 366 .

- The following sentences are taken from the original German operating manual, but the order is mixed. Please compare it with the English description and find the correct order. You also may write the result into your exercise book.
 - Befestigungsschraube festziehen.
 - Breitkeilriemen wechseln
 - Der Riemen ist lose.
 - Abdeckhaube entfernen.
 - Quetschgefahr durch zusammenklappende Riemenscheiben. Hände nicht zwischen die Riemenscheiben halten.
 - Im Stillstand vorsichtig kleinste Umdrehungsfrequenz einstellen.
 - Breitkeilriemen erst von der Vorlegescheibe B, dann von der Motorscheibe A abnehmen.
 - Spindel ausschalten.
 - Ratschlag: Spindelscheibe manuell drehen.
 - Abdeckhaube aufsetzen.
 - Hauptschalter auf „0“ und gegen unbeabsichtigte Inbetriebnahme sichern.
 - Spindel einschalten und höchste Umdrehungsfrequenz einstellen,
 - Neuen Breitkeilriemen erst auf die Motorscheibe A, dann auf die Vorlegescheibe B auflegen.
- Some questions:
 - Why does the main switch have to be set on "0" before starting?
 - What has to be done, before the belt is loose?

- What has to be done before the broad vee belt is removed from the motor pulley?
- Describe how to put on the new broad vee belt ?
- What advice is helpful?
- Why does the fixing bolt have to be tightened?

Finally there are some assignments on how to '**Change the Poly-V-Belt**' (p. 362 and 363).

- Translate the sentences by using your English – German vocabulary list.
- Some questions:
 - What has to be done, before the Poly-V-Belt can be removed?
 - Which steps have to be performed before the belt is loose?
 - How can danger occur?
 - Describe or explain how to change the Poly-V-Belt.
- Imagine you should explain the change of driving belts to an English or American colleague. A help may be to draw a chart as shown below and to compare the changing of broad vee belt and Poly-V-belt. Write down the important steps and use your own words if possible.

Broad vee belt	Poly-V-belt
1. First <input type="text"/>	1. First <input type="text"/>
2. Then <input type="text"/>	2. Then <input type="text"/>
3. After that <input type="text"/>	3. After <input type="text"/>
4. Now <input type="text"/>	4. Now <input type="text"/>
5. Finally <input type="text"/>	5. Finally <input type="text"/>
6. At the very end <input type="text"/>	6. At the very end <input type="text"/>

Die Zähne eines Zahnrades sind gleichmäßig über seinen Umfang verteilt. Somit kann das Übersetzungsverhältnis i auch über das Verhältnis der Anzahl der Zähne der einzelnen Zahnräder berechnet werden:

$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

n_1 : Umdrehungsfrequenz des treibenden Zahnrads
 z_1 : Zähnezahl des treibenden Zahnrads
 n_2 : Umdrehungsfrequenz des angetriebenen Zahnrads
 z_2 : Zähnezahl des angetriebenen Zahnrads
 i : Übersetzungsverhältnis

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{z_{\text{getr.}}}{z_{\text{treib.}}}$$

Beispielrechnung

Berechnen Sie die Umdrehungsfrequenz n_2 von einer Zahnradpaarung mit folgenden Angaben:

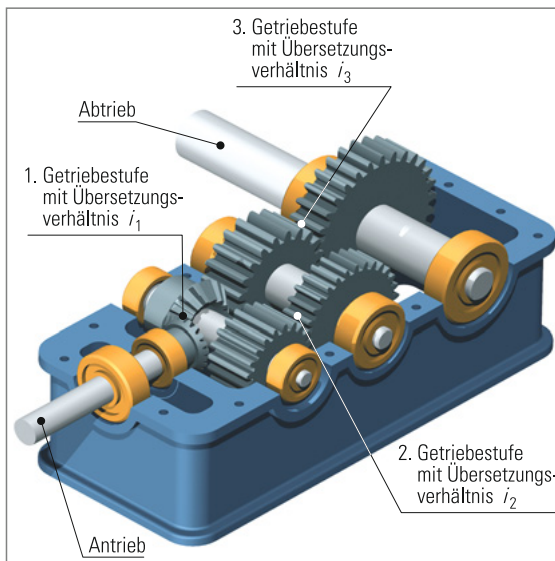
$z_1 = 24; z_2 = 47; n_1 = 810/\text{min}$

$$\frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{oder:} \quad \frac{z_2}{z_1} = i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{47}{24} = 1,958 = i$$

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot z_1}{z_2} = \frac{810 \cdot 24}{47} = 413,7/\text{min}$$

Um größere Übersetzungsverhältnisse zu erzielen, wären hierzu bei nur **einer** Übersetzungsstufe relativ große Zahnräder erforderlich. Größere Zahnräder erhöhen jedoch die Abmessungen des Getriebes und somit auch die Kosten seiner Herstellung. Wenn das **Gesamtübersetzungsverhältnis** (*final drive ratio*)



1 Mehrstufiges Getriebe

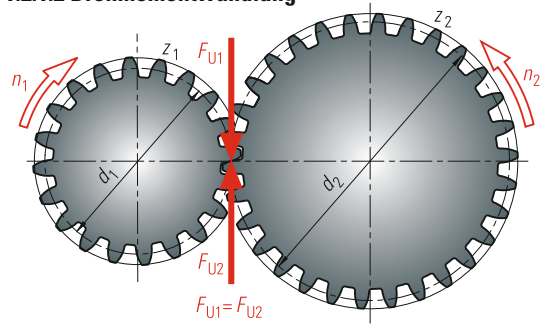
auf mehrere Stufen verteilt werden kann, ist eine insgesamt kleinere Bauweise des Getriebes möglich. In diesem Fall werden deshalb **zwei-** oder **mehrstufige Getriebe** verwendet (Bild 1).

Im dargestellten dreistufigen Getriebe wird das **Gesamtübersetzungsverhältnis** i wie folgt berechnet:

$$i = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_6}{z_5} = \frac{n_1}{n_6}$$

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$$

1.2.1.2 Drehmomentwandlung



bei $n_1, n_2 = \text{konst.}$

$$F_{U1} = F_{U2}$$

$$M_1 = F_{U1} \cdot \frac{d_1}{2}$$

$$M_2 = F_{U2} \cdot \frac{d_2}{2}$$

$$\left. \begin{array}{l} M_1 = F_{U1} \cdot \frac{d_1}{2} \\ M_2 = F_{U2} \cdot \frac{d_2}{2} \end{array} \right\} \frac{M_2}{M_1} = \frac{F_{U2} \cdot d_2 \cdot 2}{F_{U1} \cdot d_1 \cdot 2}$$

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{d_2}{d_1} = i$$

An der Eingangswelle eines Stirnradgetriebes ($i = 1,6$) wirken 175 Nm. Berechnen Sie das Abtriebsdrehmoment M_2 .

$$i = \frac{M_2}{M_1}$$

$$M_2 = i \cdot M_1$$

$$M_2 = 1,6 \cdot 175 \text{ Nm}$$

$$M_2 = 280 \text{ Nm}$$

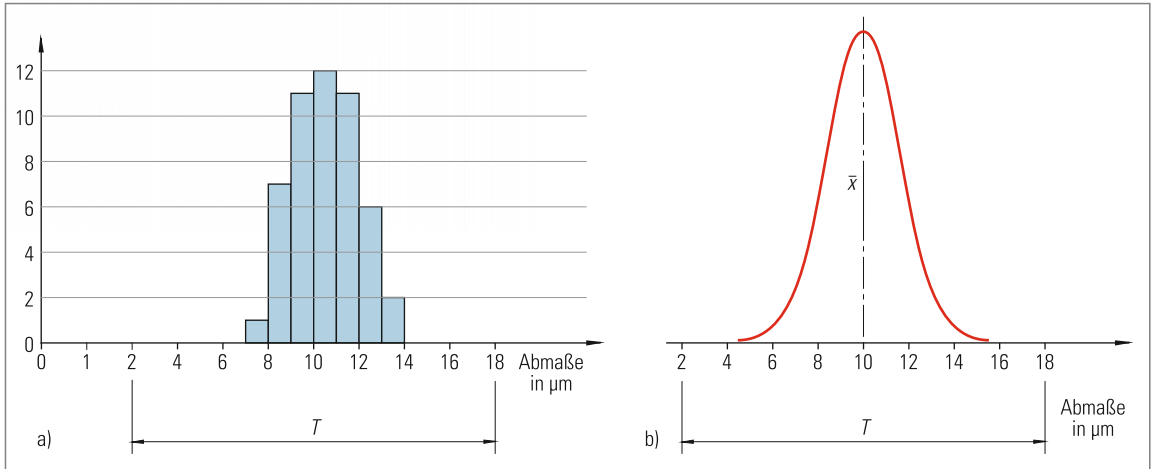
Wie groß muss der Teilkreisdurchmesser des getriebenen Zahnrades gewählt werden, wenn das treibende Zahnrad einen Teilkreisdurchmesser von $d_1 = 120 \text{ mm}$ hat?

geg.: $i = 1,6$ oder **geg.:** $M_1 = 175 \text{ Nm}$
 $d_1 = 120 \text{ mm}$ $M_2 = 280 \text{ Nm}$
 $d_1 = 120 \text{ mm}$

$$i = \frac{d_2}{d_1} \quad \frac{M_2}{M_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

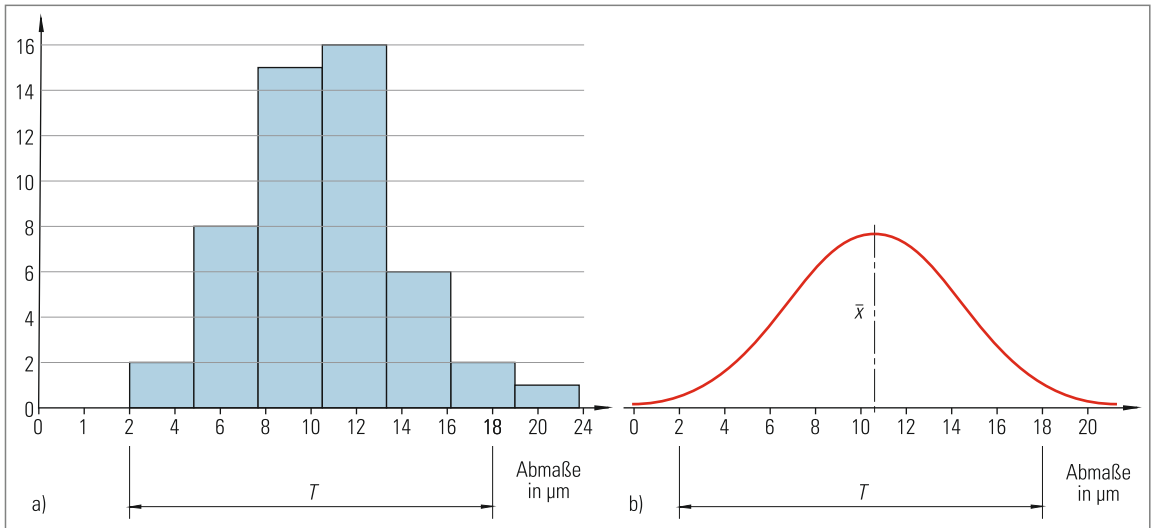
$$d_2 = 1,6 \cdot 120 \text{ mm} \quad d_2 = \frac{280 \text{ Nm} \cdot 120 \text{ mm}}{175 \text{ Nm}}$$

$$d_2 = 192 \text{ mm} \quad d_2 = 192 \text{ mm}$$



1 Histogramm und Gaußkurve der geschliffenen Werkstücke: $T = 16 \mu\text{m}$; $s = 1,436 \mu\text{m}$; $\bar{x} = 10,02 \mu\text{m}$

Zum Vergleich Histogramm und Gaußkurve beim Drehen (Bild 2).



2 Histogramm und Gaußkurve der gedrehten Werkstücke: $T = 16 \mu\text{m}$; $s = 3,72 \mu\text{m}$; $\bar{x} = 10,62 \mu\text{m}$

b) Berechnung der Maschinenfähigkeit für die Schleifmaschine

1. Prüfung: C_m -Wert
 $s = 1,436 \mu\text{m}$; $T = 16 \mu\text{m}$

Bedingung: $C_m \geq 1,84$

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s}$$

$$C_m = \frac{16 \mu\text{m}}{6 \cdot 1,436 \mu\text{m}}$$

$$C_m = 1,85 > 1,84$$

Die 1. Bedingung für die Maschinenfähigkeit ist erfüllt.

Beispiel

MERKE

Wenn die C_m -Bedingung erfüllt ist, spricht man von einer „fähigen Maschine“ (*capable machine*).

Fähig bedeutet, dass die Streuung der Messwerte sehr klein ist.

Neben der Streuung ist noch eine zweite Fehlerquelle zu untersuchen: Die Verschiebung des Mittelwertes aus der Toleranzmitte.

In Bild 1 auf Seite 453 ist dieses Problem dargestellt. Die Gefahr, die von der Verschiebung des Mittelwertes bei der Schleifmaschine ausgeht, ist mit einem weiteren Rechengang zu überprüfen. Dabei wird der Kennwert C_{mk} ermittelt.

4 Schadensanalyse

Wenn an Anlagen, Bauteilen oder Produkten ein Schaden auftritt, muss der Fehler analysiert werden (Bild 1). Das Instandhaltungswesen des Herstellers bzw. des Betreibers hat daher das Ziel, mögliche Fehlerursachen wie zum Beispiel

- Bauteilfehler
 - Konstruktionsfehler
 - Werkstofffehler
 - Bedienerfehler
 - Wartungsfehler
- zu finden und zu beheben.

Dazu ist zunächst eine Schadensanalyse (*analysis of damage*) notwendig. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf eine Produktschadensanalyse.

4.1 Ziele der Schadensanalyse

Ziele einer jeden Schadensanalyse sind:

- Gleichartige Schäden zukünftig zu vermeiden.
- Fehler frühzeitig zu erkennen (Bild 2).
- Folgeschäden zu verhindern.
- Ursachen wie z. B. Bedienerfehler zu vermeiden.
- Verbesserungsmöglichkeiten zu finden.
- Erfahrungen und Kenntnisse weiterzugeben.

Unter der Annahme, dass Bedienerfehler nicht die Störungsursache sind, liegen Fehler oft im Bereich der **Werkstoffauswahl** (*choice of material*) oder **Werkstoffbearbeitung** (*material treatment*). Dementsprechend liegt der Schwerpunkt einer Schadensanalyse häufig im Bereich der Werkstoffprüfung und der Beurteilung der durchgeführten Wärmebehandlungsverfahren.

Bevor eine Schadensanalyse durchgeführt wird, müssen jedoch die **Fehlerarten** (*types of mistakes*) und die **Fehlerhäufigkeiten** (*error rates*) ausgewertet werden.

Es wird zwischen **absoluter** und **relativer Häufigkeit** unterschieden.

Die relative Häufigkeit lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$\text{relative Häufigkeit} = \frac{\text{absolute Häufigkeit} \cdot 100\%}{\text{Gesamtanzahl}}$$

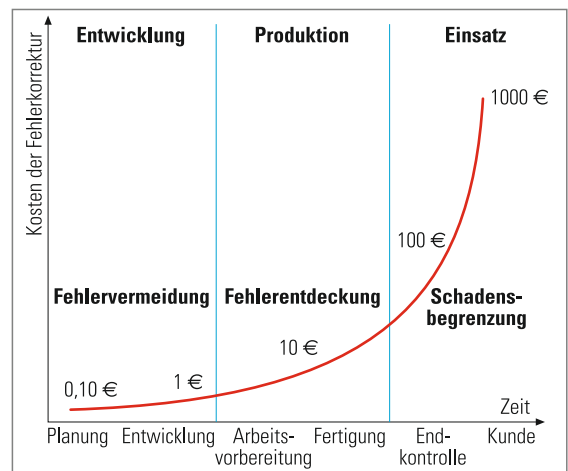
MERKE

Die relative Häufigkeit eines Merkmals ist der prozentuale Anteil der entsprechenden absoluter Häufigkeit.

Die **Summenhäufigkeit** (*cumulative frequency*) ergibt sich aus der Addition der relativen Häufigkeiten.



1 Schäden an einem Zahnrad



2 Zusammenhang zwischen Kosten und dem Zeitpunkt der Fehlererkennung in Anlehnung an die „Zehnerregel“ nach Daimler AG

Beispiel:

Von 200 gefertigten Wellen wurden bei 5 Wellen fehlerhafte Längenmaße und bei 10 Wellen ungenügende Oberflächenqualitäten festgestellt.

Merkmal	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit	Summenhäufigkeit
Fehlerhafte Längenmaße	5	2,5%	2,5%
Ungenügende Oberflächenqualität	10	5%	7,5% (2,5% + 5%)
Fehlerfreie Wellen	185	92,5%	100% (7,5% + 92,5%)
Summe	200	100%	

3 Häufigkeit von Schadensmerkmalen

1.2.3.2 Kontaktplan – KOP

Der Kontaktplan (*ladder diagram*) ist eine graphische Programmiersprache. Sie wurde aus dem Stromlaufplan entwickelt. So besteht dieser aus zwei Stromschienen, die über unterschiedliche Kontakte oder auch über Blöcke wie z. B. Zeitglieder, Zähler miteinander verbunden sind.

Es werden vor allem die folgenden vier Kontakte verwendet:

E0.1	E0.1	A0.1	A0.1
Kontakt Schließler.	Kontakt Öffner.	Zuweisung an einen Ausgang oder Merker.	Zuweisung an einen Ausgang oder Merker mit Logikumkehr.
Abfrage eines Operanden auf logisch 1. Bei 1 wird das Signal von der linken zur rechten Stromschiene weitergeleitet.	Abfrage eines Operanden auf logisch 0. Bei 0 wird das Signal von der linken zur rechten Stromschiene weitergeleitet.		

Für die Aufgabenstellung ergibt sich folgender KOP:



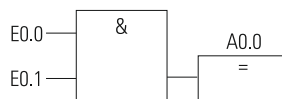
Überlegen Sie!

Erstellen Sie einen KOP:

1. Der Zylinder 1A1 soll ausfahren, wenn entweder S1, S2 oder beide betätigt werden.
2. Der Zylinder soll ausfahren, wenn S1 betätigt ist und S2 nicht betätigt ist.

1.2.3.3 Funktionsbausteinsprache – FBS (Funktionsplan – FUP)

Die Funktionsbausteinsprache ist ebenfalls eine graphische Programmiersprache. Die Symbole haben allgemeine Aussagekraft (vgl. Grundstufe). Nachfolgende Abbildung zeigt das Programm zum Ansteuern des doppelt wirkenden Zylinders.



Die Tabelle Bild 1 zeigt weitere Bausteine:

Zähler

Zählfunktionen werden z. B. benötigt, um bei der Herstellung der Gasflaschen die Stückzahl zu ermitteln, die während einer Schicht gefertigt wurde. Für diesen Zweck gibt es Vorwärts-, Rückwärts- und Vorwärts-/Rückwärtszähler.

Die Tabelle Bild 1 auf Seite 504 zeigt mögliche Zählfunktionen.

Zeiten

Die Tabelle Bild 2 auf Seite 504 zeigt gängige Zeitoperationen.

<p>ODER-Befehl Am Ausgang liegt ein Signal an, wenn mindestens an einem Eingang ein Signal anliegt.</p>	<p>Exklusiv-ODER-Befehl Am Ausgang liegt nur dann ein Signal an, wenn nur an einem der beiden Eingänge ein Signal anliegt.</p>	<p>UND-Befehl mit negiertem Eingang In der AWL vergleichbar mit UN, d. h., am Ausgang liegt nur dann ein Signal an, wenn an E0.0 ein Signal und an E0.1 kein Signal anliegt.</p>
<p>ODER-Befehl mit negiertem Ausgang Es findet eine Logikumkehr statt. Aus logisch 1 wird 0, aus 0 wird 1.</p>	<p>Äquivalenz-Befehl Am Ausgang liegt nur dann ein Signal an, wenn an allen Eingängen gleiche Signalzustände anliegen.</p>	<p>Speicher Der Ausgang wird mit dem Eingang E0.0 gesetzt und mit E0.1 rückgesetzt. Es gibt die Auswahlmöglichkeiten dominierend EIN und dominierend AUS (vgl. Lernfeld 6).</p>

1 Logische Grundverknüpfungen¹⁾

¹⁾ Die Symbole der Logikfunktionen und deren Bedeutung sind in DIN EN 60617-12 genormt.

Aus der **Entnahmestation** (*removing station*) befördern Mitarbeiter oder Handhabungsgeräte die verpackten Produkte und stapeln sie in Pakete.

Die Verpackungsmaschine ist somit eine komplexe, kundenspezifische Anlage, die in Form eines **Projekts** (*project*) realisiert werden soll.

Ein Vorhaben ist dann ein Projekt¹⁾, wenn

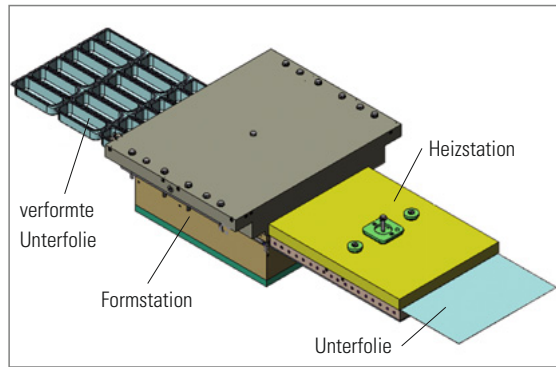
<ul style="list-style-type: none"> ■ eine klare, ergebnisorientierte und messbare Zielvorgabe vorliegt 	Herstellung und Lieferung einer Verpackungsmaschine (siehe Pflichtenheft und Vertrag)
<ul style="list-style-type: none"> ■ es durch definierte Anfangs- und Endtermine begrenzt ist 	Start: Empfang des Lastenhefts; Ende: Inbetriebnahme beim Kunden
<ul style="list-style-type: none"> ■ es in genau dieser Konstellation nur einmal auftritt 	Anforderungen aus dem Lastenheft (Verpackung für Salami)
<ul style="list-style-type: none"> ■ komplexe Handlungsabläufe vorliegen, die den Einsatz besonderer Methoden und Techniken erfordern 	Planung, Fertigung, Montage, Lieferung und Inbetriebnahme führen verschiedene Mitarbeiter von CFS an unterschiedlichen Stellen durch
<ul style="list-style-type: none"> ■ es fach- und abteilungsübergreifend ist 	Viele Abteilungen der Firma CFS sind beteiligt
<ul style="list-style-type: none"> ■ finanzielle und personelle Begrenzungen vorliegen 	Der Kaufpreis für die Verpackungsmaschine ist vertraglich vereinbart, es stehen die Mitarbeiter zeitlich begrenzt zur Verfügung
<ul style="list-style-type: none"> ■ es gegenüber anderen Vorhaben abgegrenzt ist 	Parallel zu diesem Projekt werden in der Firma CFS weitere abgewickelt
<ul style="list-style-type: none"> ■ es eine projektspezifische Organisation erfordert 	Der Projektleiter mit seinem Team führt das Projekt nach den Strukturen des Projektmanagements durch

1.3 Kundengespräch

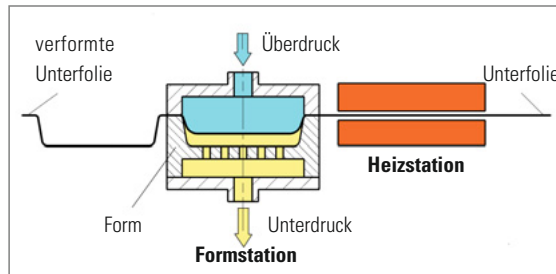
Nachdem das Lastenheft bei CFS gesichtet wurde, wird ein Gespräch mit dem potenziellen Kunden vereinbart. In diesem Fall dient das Kundengespräch dazu, die einzelnen Projektziele genau zu beschreiben.

Ein **Projektziel** (*project target*) ist dann exakt beschrieben, wenn es drei Fragen beantwortet:

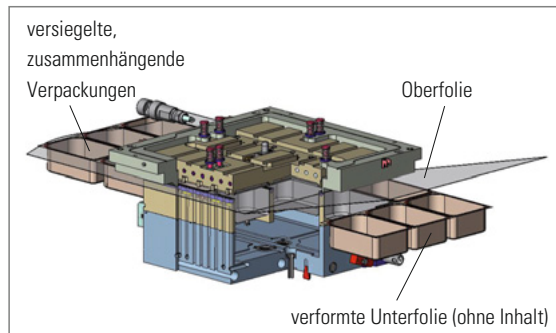
<ul style="list-style-type: none"> ■ Was soll erreicht werden? 	z. B. Verpackungen für Salami
<ul style="list-style-type: none"> ■ In welchem Ausmaß soll es erreicht werden? 	4000 Verpackungen pro Stunde
<ul style="list-style-type: none"> ■ Bis wann muss das Ziel erreicht sein? 	Inbetriebnahme beim Kunden am 15.06.2008



1 Heiz- und Formstation



2 Formstation: Verformung der Folie mit Über- und Unterdruck



3 Siegelstation

Der mögliche Auftragnehmer möchte im Kundengespräch

- die Wünsche und Vorstellungen des Kunden genauer kennenlernen, um diese umsetzen zu können
- mögliche Probleme der Aufgabenstellung erkennen und dem Kunden verdeutlichen
- dem Kunden Lösungsmöglichkeiten vorstellen
- dem Kunden darstellen, welche wirtschaftlichen Vorteile er durch den Erwerb des Produkts erhält
- vom Kunden Entscheidungen für unterbreitete Lösungsvorschläge erhalten
- möglichst alle bislang nicht geklärten Details gemeinsam mit dem Kunden festlegen.

Beim Kundengespräch (Seite 556 Bild 1) steht bei den Unternehmensvertretern die **Kundenorientierung** (*customer orientation*) im Vordergrund. Sie kennen die Abhängigkeit des Unter-

1) vergl. DIN 69901

1 Optimierung eines störungsfrei arbeitenden Systems

Eingriffe in ein störungsfrei arbeitendes System können nur nach sorgfältiger Planung und nach Abstimmung mit allen zuständigen Abteilungen vorgenommen werden. Ziel einer Veränderung ist es, einen Prozess zu optimieren. Allgemein wird Optimierung (*optimization*) als eine Verbesserung (*improvement*) eines Vorgangs, eines Zustands oder als die „beste Lösung“ unter den gegebenen Umständen verstanden. Die Verbesserung kann sich z. B. auf folgende Aspekte beziehen:

- **Verbesserung der Wirtschaftlichkeit** (*economy*) (Kostensparnis) durch:
 - Produktivitätssteigerung
 - Verringerung der Anzahl der Mitarbeiter
 - Einsatz neuer Technologien, Werkstoffe und Maschinen
 - Senkung der Ausfallzeiten von Mitarbeitern und Maschinen
 - Fehlervermeidung
- **Qualitätsverbesserung** (*quality improvement*) des Produkts durch:
 - den Einsatz neuer Werkstoffe und Hilfsstoffe
 - konstruktive Änderungen
 - ergonomische Gestaltung (siehe Kap. 1.2)
- **Verbesserung der Arbeitsbedingungen** (*working conditions*) und **-abläufe** durch:
 - ergonomische Gestaltung
 - umweltspezifische Untersuchungen
 - Verwendung von Hilfsmitteln und Vorrichtungen
 - Schulung, Fortbildung und Qualifizierung der Mitarbeiter
 - übersichtliche, gut lesbare Arbeitsanweisungen
- **Stärkung der Identifikation** (*strengthening of identification*) der Mitarbeiter mit dem Produkt, mit dem Betrieb z. B. durch:
 - Weiterbildungsangebote
 - ein betriebseigenes Vorschlagswesen mit Prämien
 - flexible Arbeitszeitgestaltung
 - einen Betriebskindergarten
 - Prämien, Gewinnbeteiligung

Eine Optimierung gilt dann als gelungen, wenn nicht nur ein Aspekt, sondern mehrere Aspekte verbessert werden. Eine Verbesserung kann auch andere Aspekte negativ oder positiv beeinflussen. Produktivitätssteigerung kann zu zusätzlichen Belastungen der Mitarbeiter führen. Kostensparnis kann die Entlassung von Mitarbeitern zur Folge haben. Fehlervermeidung senkt die Reparaturkosten. Die Verwendung von Vorrichtungen und Hilfsmitteln kann die körperliche Belastung senken usw.

MERKE

Eine Optimierung wird als die beste Lösung unter den gegebenen Umständen verstanden.

Überlegen Sie!

1. Auf welche Aspekte kann eine Optimierung Einfluss nehmen?
2. Welche Nebenwirkungen kann eine Optimierung haben?

1.1 Beschreibung des Systems

Ist eine Verbesserung an einem technischen System geplant, so ist zunächst das **störungsfrei arbeitende System** als Gesamtheit zu betrachten. Das in Kapitel 2 beschriebene Projekt stammt aus der Endmontage von Gabelhubwagen (*fork lift trucks*) aus Baugruppen und Einzelteilen (Bilder 1 bis Bild 3).



1 Gabelhubwagen



2 Einzelteile



3 Baugruppen