

1.5 Toleranzen und Passungen

Bauteile von Maschinen müssen unabhängig vom Hersteller und ohne Nacharbeit montiert oder ausgetauscht werden können (**Bild 1**). Ihre Maße dürfen deshalb nur begrenzt von den geforderten Maßen abweichen. Die zulässigen Abweichungen werden durch Toleranzen festgelegt.

Für die Toleranzen und Passungen der Zahradpumpe ist die Hüllbedingung (Seite 57) anzuwenden.

Maßtoleranzen sollen die Funktion der Produkte und die Montierbarkeit von Bauteilen sicherstellen. Aus Kostengründen werden die Toleranzen jedoch nicht kleiner als notwendig gewählt.

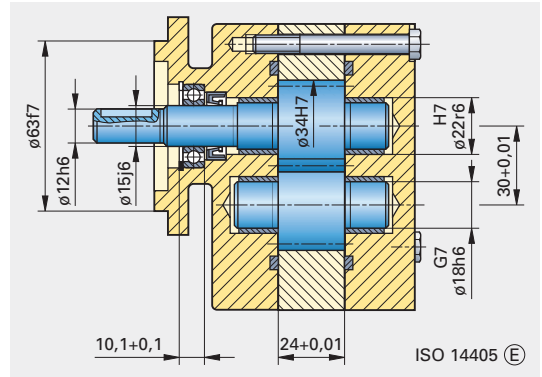


Bild 1: Toleranzen und Passungen bei einer Zahradpumpe (Auswahl)

1.5.1 Toleranzen

Bei den Toleranzen unterscheidet man zwischen Maßtoleranzen und Form- und Lagetoleranzen. Die Maßtoleranzen beziehen sich auf Längen- und Winkelmaße, die Form- und Lagetoleranzen auf die Form, z.B. die Ebenheit oder die Lage, z.B. die Rechtwinkligkeit.

■ Grundbegriffe der Maßtoleranzen

Für Bohrungen (Innenmaße) und Wellen (Außenmaße) werden für die maßgeblichen Größen einheitliche, genormte Begriffe verwendet (**Bild 2**). Die Kurzzeichen sind jedoch nur teilweise genormt.

Das **Nennmaß** N ist das in der Zeichnung genannte Maß. In bildlichen Darstellungen entspricht das Nennmaß der **Nulllinie**.

Die Größe der Toleranz wird durch das **obere Abmaß** ES bzw. es und das **untere Abmaß** EI bzw. ei festgelegt (**Bild 3**). Die Großbuchstaben werden bei Bohrungen, die Kleinbuchstaben bei Wellen verwendet. Bei der bildlichen Darstellung der Toleranzen wird der Bereich zwischen dem oberen und dem unteren Abmaß auch als **Toleranzfeld** bezeichnet.

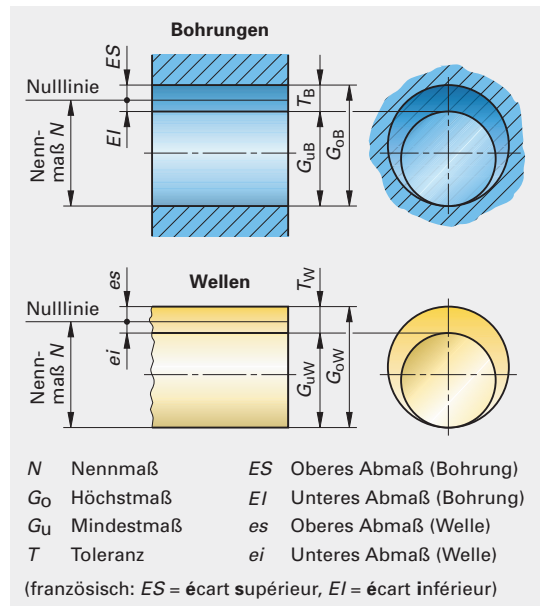


Bild 2: Begriffe und Kurzzeichen bei Maßtoleranzen

Toleranz der Bohrung	$T_B = ES - EI$
Toleranz der Welle	$T_W = es - ei$

Durch das obere und das untere Abmaß sind auch die **Grenzmaße** festgelegt. Grenzmaße sind das **Höchstmaß** (G_O , oberes Grenzmaß) und das **Mindestmaß** (G_U , unteres Grenzmaß).

Höchstmaß	Bohrung	$G_O = N + ES$
	Welle	$G_{OW} = N + es$
Mindestmaß	Bohrung	$G_U = N + EI$
	Welle	$G_{UW} = N + ei$

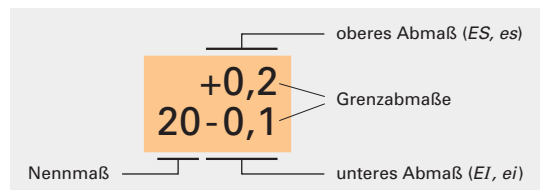


Bild 3: Nennmaße und Abmaße

Der Unterschied zwischen dem Höchstmaß und dem Mindestmaß ergibt wieder die Toleranz:

Toleranz (Bohrung oder Welle) $T = G_O - G_U$

Lage der Toleranzfelder

Toleranzfelder können oberhalb, unterhalb oder beiderseits der Nulllinie liegen (**Bild 1**).

Beispiel: Eine Welle mit dem Nennmaß $N = 80 \text{ mm}$ hat die Grenzabmaße $es = -30 \text{ }\mu\text{m}$ und $ei = -60 \text{ }\mu\text{m}$. Zu berechnen sind das Höchstmaß G_o , das Mindestmaß G_u und die Toleranz T .

Lösung: **Höchstmaß G_o :** **Mindestmaß G_u :**
(Bild 2): $G_o = N + es$ $G_u = N + ei$
 $G_o = 80 \text{ mm} + (-0,03 \text{ mm})$ $G_u = 80 \text{ mm} + (-0,06 \text{ mm})$
 $G_o = 79,97 \text{ mm}$ **$G_u = 79,94 \text{ mm}$**
Toleranz T : oder
 $T = G_o - G_u$ $T = es - ei$
 $T = 79,97 \text{ mm} - 79,94 \text{ mm}$ $T = -0,03 \text{ mm} - (-0,06 \text{ mm})$
 $T = 0,03 \text{ mm}$ **$T = 0,03 \text{ mm}$**

Allgemeintoleranzen

Die Allgemeintoleranzen sind so festgelegt, dass sie in der Fertigung normalerweise eingehalten werden können. Man unterscheidet Allgemeintoleranzen für Längenmaße (**Tabelle 1**), Winkel, Rundungshalbmesser und Fasen sowie Allgemeintoleranzen für Form (**Tabelle 2**) und Lage.

Wird auf einer Zeichnung auf die Verwendung von Allgemeintoleranzen hingewiesen, gelten diese für Längen bzw. für Formen und Lagen, bei denen keine Toleranzen angegeben sind.

Allgemeintoleranzen für Längenmaße gelten somit für die Zeichnungsmaße, bei denen keine Toleranzen eingetragen sind, wenn auf der Zeichnung auf die Allgemeintoleranzen hingewiesen wird, z. B. durch den Eintrag „ISO 2768-m“. Allgemeintoleranzen für Längenmaße sind Plus-Minus-Toleranzen.

Die Größe der Allgemeintoleranzen richtet sich nach dem Nennmaßbereich und der Toleranzklasse. Diese sind in die vier Klassen fein, mittel, grob und sehr grob eingeteilt (**Tabelle 1**).

Beispiel: In einer Zeichnung steht für Maße ohne Toleranzangabe: ISO 2768-m. Welche Grenzmaße sind beim Nennmaß $N = 120 \text{ mm}$ zulässig?

Lösung: Nach Tabelle 1: $ES = +0,3 \text{ mm}$, $EI = -0,3 \text{ mm}$
 $G_o = N + ES = 120 \text{ mm} + 0,3 \text{ mm} = \mathbf{120,3 \text{ mm}}$
 $G_u = N + EI = 120 \text{ mm} - 0,3 \text{ mm} = \mathbf{119,7 \text{ mm}}$

Allgemeintoleranzen für Form und Lage umfassen die Toleranzklassen H, K und L. Sie legen die zulässigen Abweichungen von der geometrisch genauen Form oder Lage fest, wenn dafür in der Zeichnung keine Toleranzen angegeben sind. Auf die Anwendung der Allgemeintoleranzen muss aber durch einen Zeichnungseintrag hingewiesen werden, z. B. ISO 2768-K. Gelten gleichzeitig die Allgemeintoleranzen für Längenmaße, können beide Einträge zusammengefasst werden, z. B. zu ISO 2768-mK.

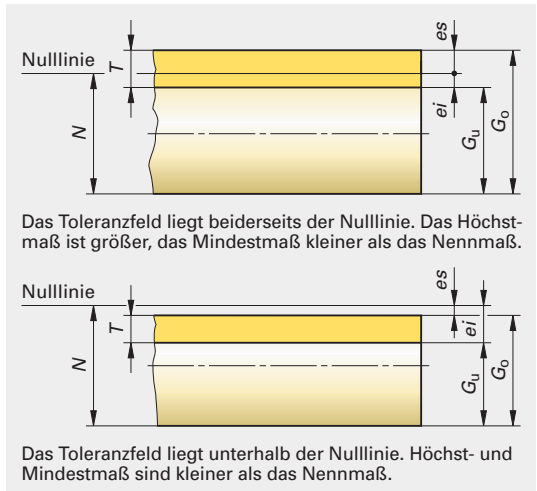


Bild 1: Lage der Toleranzfelder (Auswahl)

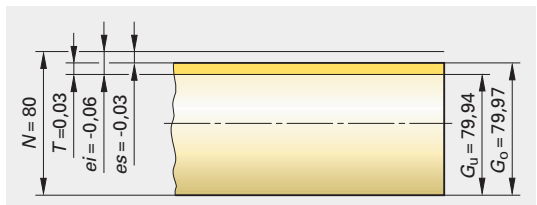


Bild 2: Grenzmaße und Toleranz

Tabelle 1: Allgemeintoleranzen für Längenmaße

Toleranz- klasse	Grenzabmaße in mm					
	für Nennmaßbereiche in mm					
	0,5 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 400	über 400 bis 1000
f fein	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$
m mittel	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
c grob	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2
v sehr grob	–	$\pm 0,5$	± 1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	± 4

Tabelle 2: Allgemeintoleranzen für Form

Toleranz- klasse	Toleranzen in mm für Geradheit und Ebenheit					
	für Nennmaßbereiche in mm					
	bis 10	über 10 bis 30	über 30 bis 100	über 100 bis 300	über 300 bis 1000	über 1000 bis 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

Lage der Toleranzfelder zur Nulllinie

Die Lage der Toleranzfelder zur Nulllinie wird durch das **Grundabmaß** festgelegt. Das Grundabmaß ist das der Nulllinie am nächsten liegende Abmaß (**Bild 1**).

Die **Grundabmaße für Bohrungen** (*ES, EI*) werden durch die Großbuchstaben A bis Z, die **Grundabmaße für Wellen** (*es, ei*) durch die Kleinbuchstaben a bis z benannt.

Für die Toleranzgrade 6 bis 11 werden das Z-Grundabmaß für Bohrungen um die Grundabmaße ZA, ZB und ZC und das z-Grundabmaß für Wellen um die Grundabmaße za, zb und zc erweitert. Die Nennmaßbereiche bis 10 mm besitzen zusätzlich die Grundabmaße CD, EF und FG bzw. cd, ef und fg.

Die Grundabmaße H und h sind null. Die zugehörigen Toleranzfelder beginnen daher an der Nulllinie (**Bilder 2 und 3**).

Für **Bohrungen** ist das Mindestmaß bei H-Toleranzfeldern gleich dem Nennmaß (**Bild 2**). Bei **Wellen** dagegen ist das Höchstmaß bei h-Toleranzfeldern gleich dem Nennmaß (**Bild 2**).

Beispiel: Wie liegen die Toleranzfelder von 25H7 und 25h9 zur Nulllinie?

Lösung: 25H7 = $25 + 0,021 / 0$

Das Toleranzfeld liegt oben an der Nulllinie an.

25h9 = $25 0 / - 0,052$

Das Toleranzfeld liegt unten an der Nulllinie an.

Sind oberes und unteres Abmaß gleich groß, liegt die Toleranz symmetrisch zur Nulllinie. Die Grundabmaße für diese symmetrischen Toleranzen werden für Bohrungen mit JS und für Wellen mit js bezeichnet.

Beispiel: Für die Toleranzangabe 80js12 sind die Abmaße zu bestimmen.

Lösung: Aus einer Tabelle für Grundtoleranzen erhält man $T = 0,3 \text{ mm}$. Damit ist $80js12 = 80 \pm 0,15 \text{ mm}$.

Die **Toleranzfelder** liegen umso weiter von der Nulllinie entfernt, je weiter der Buchstabe im Alphabet von H bzw. h entfernt liegt.

Die Großbuchstaben I, L, O, Q und W und die entsprechenden Kleinbuchstaben werden nicht verwendet, um Verwechslungen zu vermeiden.

Beispiel: Wie liegen die Toleranzfelder von 25k6 und 25r6 zur Nulllinie?

Lösung: 25k6 = $25 + 0,015 / + 0,002$

Das Toleranzfeld liegt knapp über der Nulllinie.

25r6 = $25 + 0,041 / + 0,028$

Das Toleranzfeld liegt weit über der Nulllinie.

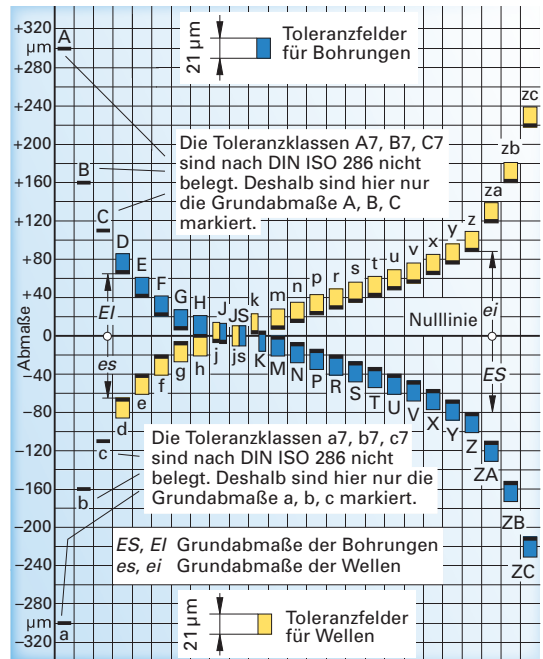


Bild 1: Lage der Toleranzfelder zur Nulllinie, Beispiel: Nennmaß 25, Toleranzgrad 7

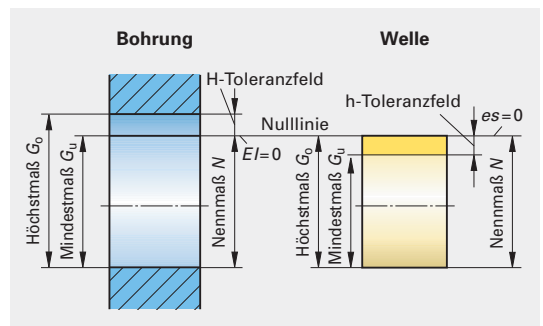


Bild 2: Lage der Toleranzfelder H und h

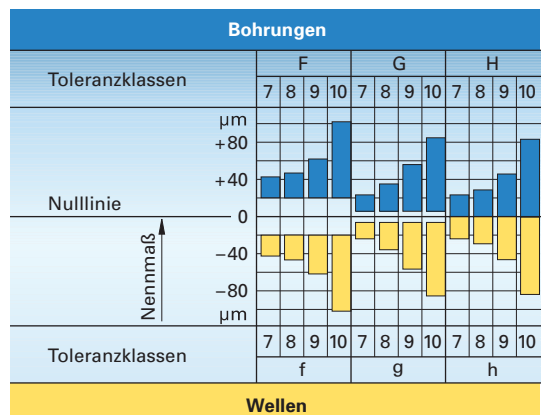


Bild 3: Größe und Lage der Toleranzfelder für das Nennmaß 25

1.5.2 Passungen

Werden zwei Bauteile zusammengebaut, müssen die Maße an der Füge­stelle „passen“. Bei den Passungen bezeichnet man das Innenteil immer als „Welle“, das Außenteil als „Bohrung“.

Passungen werden durch den Unterschied zwischen dem Maß der Bohrung und dem Maß der Welle bestimmt.

Passungsarten

Durch die Wahl der Toleranzklassen von Bohrung und Welle ergeben sich beim Zusammenbau entweder Spiel oder Übermaß.

Bei **Spießpassungen** tritt immer ein Spiel („Luft“), bei **Übermaßpassungen** immer ein Übermaß auf. Kann bei den gewählten Toleranzklassen Spiel oder Übermaß auftreten, spricht man von **Übergangspassungen**.

Spießpassungen. Das Mindestmaß der Bohrung ist immer größer, im Grenzfall auch gleich groß wie das Höchstmaß der Welle (**Bilder 1, 2 und 4**).

Das **Höchstspiel** P_{SH} ist die Differenz zwischen dem Höchstmaß der Bohrung G_{oB} und dem Mindestmaß der Welle G_{uW} .

Höchstspiel

$$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$$

Das **Mindestspiel** P_{SM} ist die Differenz zwischen dem Mindestmaß der Bohrung G_{uB} und dem Höchstmaß der Welle G_{oW} .

Mindestspiel

$$P_{SM} = G_{uB} - G_{oW}$$

Beispiel: Wie groß sind Höchst- und Mindestspiel bei der Passung **Bild 2**?

Lösung: $P_{SH} = G_{oB} - G_{uW} = 40,02 \text{ mm} - 39,98 \text{ mm} = +0,04 \text{ mm}$

$P_{SM} = G_{uB} - G_{oW} = 40,00 \text{ mm} - 39,99 \text{ mm} = +0,01 \text{ mm}$

Übermaßpassungen. Das Höchstmaß der Bohrung ist immer kleiner, im Grenzfall auch gleich groß wie das Mindestmaß der Welle (**Bilder 1, 3 und 4**).

Das **Höchstübermaß** P_{UH} ist die Differenz zwischen dem Mindestmaß der Bohrung G_{uB} und dem Höchstmaß der Welle G_{oW} .

Höchstübermaß

$$P_{UH} = G_{uB} - G_{oW}$$

Das **Mindestübermaß** P_{UM} ist die Differenz zwischen dem Höchstmaß der Bohrung G_{oB} und dem Mindestmaß der Welle G_{uW} .

Mindestübermaß

$$P_{UM} = G_{oB} - G_{uW}$$

Beispiel: Wie groß sind Höchst- und Mindestübermaß der Passung **Bild 3**?

Lösung: $P_{UH} = G_{uB} - G_{oW} = 39,98 \text{ mm} - 40,02 \text{ mm} = -0,04 \text{ mm}$

$P_{UM} = G_{oB} - G_{uW} = 40,00 \text{ mm} - 40,01 \text{ mm} = -0,01 \text{ mm}$

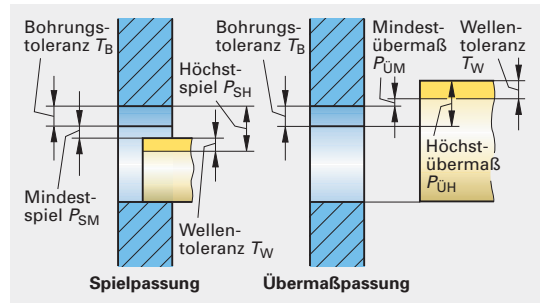


Bild 1: Spielpassung und Übermaßpassung

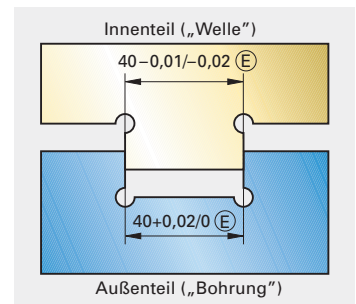


Bild 2: Spielpassung

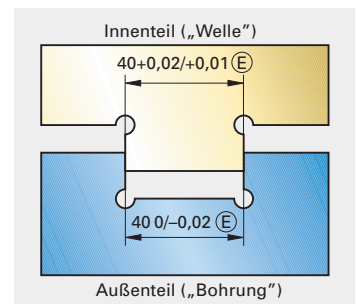


Bild 3: Übermaßpassung

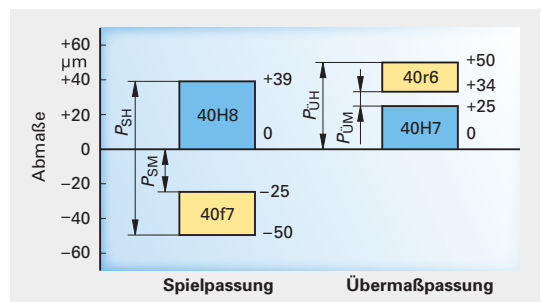


Bild 4: Lage der Toleranzfelder bei Spielpassung und Übermaßpassung

Übergangspassungen. Bei einer Übergangspassung entsteht je nach den Istmaßen von Bohrung und Welle beim Fügen entweder ein Spiel oder ein Übermaß (Bild 1).

Beispiel: Für die Passung $\varnothing 20 \text{ H7/n6}$ sind für die Bohrung und die Welle jeweils das Höchstmaß G_o und das Mindestmaß G_u zu bestimmen (Bild 2). Wie groß sind außerdem das Höchstspiel P_{SH} und das Höchstübermaß P_{UH} ?

Lösung: Bohrung:

$$\begin{aligned} G_{oB} &= N + ES \\ &= 20 \text{ mm} + 0,021 \text{ mm} = \mathbf{20,021 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{uB} &= N + EI \\ &= 20 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = \mathbf{20,000 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Welle:

$$\begin{aligned} G_{oW} &= N + es \\ &= 20 \text{ mm} + 0,028 \text{ mm} = \mathbf{20,028 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{uW} &= N + ei \\ &= 20 \text{ mm} + 0,015 \text{ mm} = \mathbf{20,015 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Höchstspiel:

$$\begin{aligned} P_{SH} &= G_{oB} - G_{uW} \\ &= 20,021 \text{ mm} - 20,015 \text{ mm} = \mathbf{0,006 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Höchstübermaß:

$$\begin{aligned} P_{UH} &= G_{uB} - G_{oW} \\ &= 20,000 \text{ mm} - 20,028 \text{ mm} = \mathbf{-0,028 \text{ mm}} \end{aligned}$$

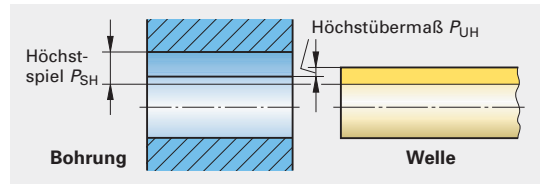


Bild 1: Übergangspassung

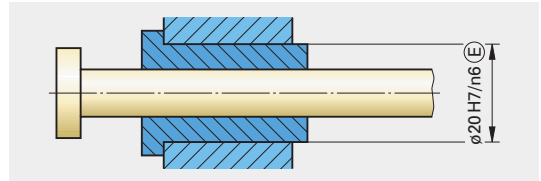


Bild 2: Beispiel einer Übergangspassung

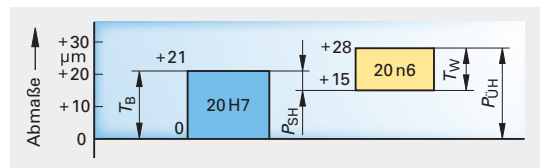


Bild 3: Passung 20 H7/n6

Passungssysteme

Um die Fertigungs- und Prüfkosten niedrig zu halten, werden tolerierte Maße meist nach dem Passungssystem Einheitsbohrung oder nach dem Passungssystem Einheitswelle gefertigt.

Passungssystem Einheitsbohrung

Beim **Passungssystem Einheitsbohrung** erhalten die Bohrungsmaße das Grundabmaß H.

Dieser Einheitsbohrung werden Wellen mit verschiedenen Grundabmaßen zugeordnet, um die gewünschte Passungsart zu erreichen (Bilder 4 und 5).

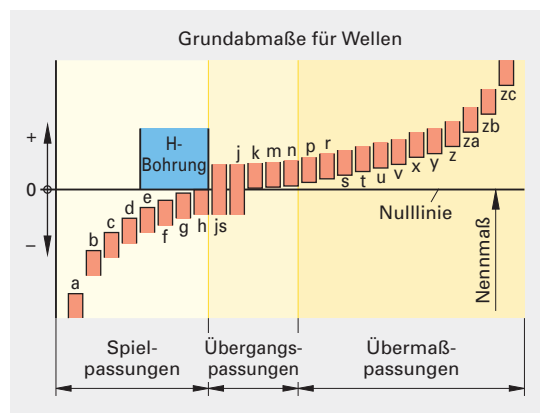


Bild 4: Passungssystem Einheitsbohrung

Bereiche der Passungsarten

Spielpassungen:	H / a ... h
Übergangspassungen:	H / j ... n oder p
Übermaßpassungen:	H / n oder p ... z

Das Passungssystem Einheitsbohrung wird vor allem im Maschinenbau und im Fahrzeugbau angewandt. Dort kommen sehr viele unterschiedliche Bohrungsdurchmesser vor. Da genaue Bohrungen mit größerem Aufwand als Wellen gefertigt und geprüft werden müssen, beschränkt man die möglichen Grundabmaße A ... Z auf das Grundabmaß H.

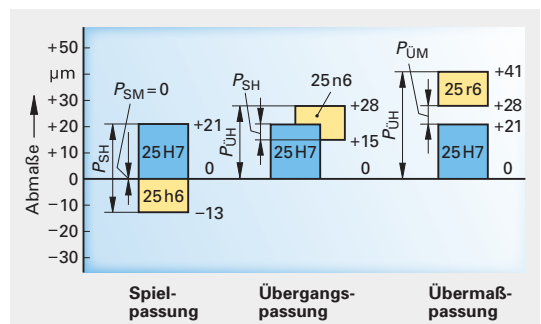


Bild 5: Lage der Toleranzfelder beim Passungssystem Einheitsbohrung

Weitere Beispiele zur Berechnung von Passungen im System Einheitsbohrung

Für die Spiel-, Übergangs- und Übermaßpassungen in Bild 5, vorherige Seite, sind Höchst- und Mindestspiel bzw. Höchst- und Mindestmaß zu berechnen.

Lösung:	Spießpassung 25 H7/h6:	Höchstspiel Mindestspiel	$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW} = 25,021 \text{ mm} - 24,987 \text{ mm} = \mathbf{0,034 \text{ mm}}$ $P_{SM} = G_{uB} - G_{oW} = 25,000 \text{ mm} - 25,000 \text{ mm} = \mathbf{0 \text{ mm}}$
	Übergangspassung 25 H7/n6:	Höchstspiel Höchstübermaß	$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW} = 25,021 \text{ mm} - 25,015 \text{ mm} = \mathbf{0,006 \text{ mm}}$ $P_{UH} = G_{uB} - G_{oW} = 25,000 \text{ mm} - 25,028 \text{ mm} = \mathbf{-0,028 \text{ mm}}$
	Übermaßpassung 25 H7/r6:	Höchstübermaß Mindestübermaß	$P_{oH} = G_{uB} - G_{oW} = 25,000 \text{ mm} - 25,041 \text{ mm} = \mathbf{-0,041 \text{ mm}}$ $P_{oM} = G_{oB} - G_{uW} = 25,021 \text{ mm} - 25,028 \text{ mm} = \mathbf{-0,007 \text{ mm}}$

Passungssystem Einheitswelle

Beim **Passungssystem Einheitswelle** erhalten die Wellenmaße das **Grundabmaß h**.

Dieser Einheitswelle werden Bohrungen mit verschiedenen Grundabmaßen zugeordnet, um die gewünschte Passungsart zu erhalten (**Bild 1**).

Bereiche der Passungsarten

Spießpassungen:	h / A ... H
Übergangspassungen:	h / J ... N oder P
Übermaßpassungen:	h / N oder P ... Z

Das Passungssystem Einheitswelle wird vor allem dort eingesetzt, wo lange Wellen mit durchgehend gleichem Durchmesser verwendet werden. Dies ist teilweise bei Hebezeugen, Textilmaschinen und landwirtschaftlichen Maschinen der Fall.

Beispiel: Bei einem Antrieb ist die Scheibe auf die Welle aufgespresst. Die Welle selbst läuft in zwei Gleitlagern und nimmt in der Mitte ein Zahnrad auf (**Bild 2**).

- Ermitteln Sie aus ISO-Toleranztabellen die Abmaße der 4 Toleranzklassen.
- Stellen Sie die drei Passungen mit Toleranzfeldern grafisch dar.
- Berechnen Sie Höchst- und Mindestspiele sowie Höchst- und Mindestübermaße und tragen Sie diese in die grafische Darstellung ein.

Lösung: Grafische Darstellung **Bild 3**.

Gemischte Passungssysteme

In allen Betrieben werden Bauteile und Normteile von anderen Herstellern zusammen mit den eigenen Produkten verwendet. Diese Teile haben ganz unterschiedliche Toleranzklassen. Damit können die Passungssysteme Einheitsbohrung und Einheitswelle nicht konsequent durchgehalten werden.

Beispiel: Ein Betrieb, der nach dem System Einheitsbohrung fertigt, verwendet Passfedern mit der Toleranzklasse h6. Die gewünschte Übergangspassung erfordert dann bei der Passfedernut die Toleranzklasse P9. Die Passung h6/P9 gehört aber zum System Einheitswelle.

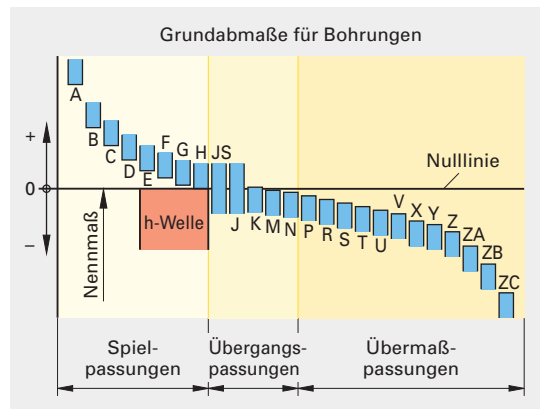


Bild 1: Passungssystem Einheitswelle

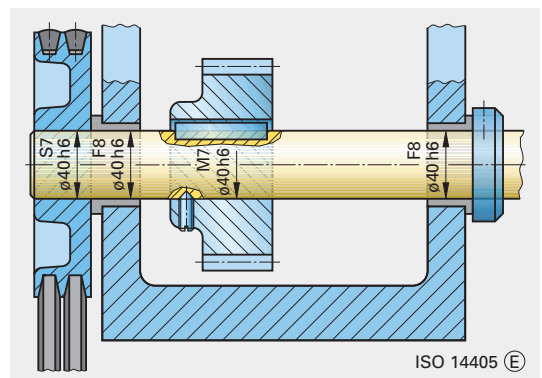


Bild 2: Passungen im System Einheitswelle

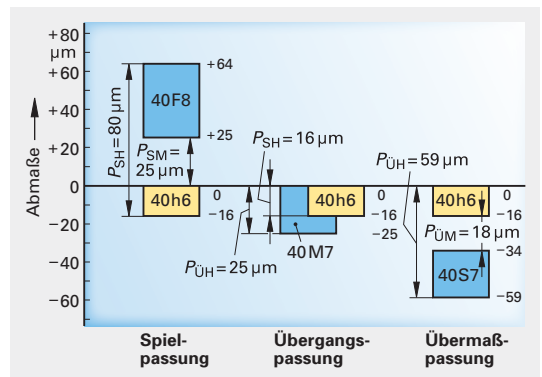


Bild 3: Lage der Toleranzfelder (Einheitswelle)

■ Passungsauswahl

Jede Wellen-Toleranzklasse könnte mit jeder Bohrungs-Toleranzklasse kombiniert werden. Dadurch würden sich bei den vielen vorkommenden Nenn-durchmessern sehr viele Möglichkeiten ergeben, für die Werkzeuge, Messgeräte und Lehren bereitgehalten werden müssten. Diese Vielfalt ist nicht notwendig und wirtschaftlich nicht vertretbar. Für die Auswahl stehen zwei **genormte Vorzugsreihen** für Passungen zur Verfügung. Dabei ist die Reihe 1 der Reihe 2 vorzuziehen. Die **Tabelle 1** berücksichtigt nur Passungen der Reihe 1. Weitere empfohlene Passungen können Tabellenbüchern entnommen werden.

Wiederholung und Vertiefung

- Wie ist bei den ISO-Toleranzen die Lage der Toleranzfelder zur Nulllinie festgelegt?
- In einer Zeichnung steht für die Maße ohne Toleranzangabe der Hinweis: ISO 2768-f. Welche Grenzmaße darf das Nennmaß 25 haben?
- Wovon hängt die Größe einer Toleranz ab?
- Welche Passungsarten unterscheidet man?
- Wodurch unterscheiden sich die Passungssysteme „Einheitsbohrung“ und „Einheitswelle“?
- In einer Gesamtzeichnung ist die Passung $\varnothing 40H7/m6$ eingetragen. Erstellen Sie mithilfe eines Tabellenbuches eine Abmaßtabelle und berechnen Sie das Höchstspiel und das Höchstübermaß.
- Für die Laufrolle mit Lagerdeckel (**Bild 1**) sind zu bestimmen
 - die Höchst- und Mindestmaße sowie die Toleranz für sechs Maße nach freier Wahl,
 - das Höchst- und Mindestspiel für die Passung des Deckels in der Laufrolle,
 - das Höchstspiel und das Höchstübermaß zwischen dem Außenring des einzubauenden Wälzlagers und der Bohrung $\varnothing 42M7$ der Laufrolle. Der Außendurchmesser des Wälzlagers ist mit $42-0,011$ toleriert.
- Bei der Zahnradpumpe **Bild 2** sind einige der für den Zusammenbau und die Funktion wichtigen Toleranzen und Passungen eingetragen. Berechnen Sie die Toleranzen, die Grenzmaße sowie das Höchst- und Mindestspiel bzw. das Höchst- und Mindestübermaß für
 - $\varnothing 18G7$ (Gleitlager)/h6 (Welle)
 - $\varnothing 22H7$ (Deckel)/r6 (Gleitlager)
 - $24 + 0,01$ (Platte)/ $24 - 0,01$ (Zahnräder)
 - $\varnothing 12h6$ (Welle)/ $\varnothing 12H7$ (Riemenscheibe)

Tabelle 1: Passungsauswahl (Beispiele)

Auswahl	Eigenschaften
Spielpassungen	
H8/f7	Kleines Spiel. Die Teile sind leicht verschiebbar.
H8/h9	Kaum Spiel. Die Teile sind noch von Hand verschiebbar.
H7/h6	Sehr geringes Spiel. Die Teile sind nicht mehr von Hand verschiebbar.
Übergangspassungen	
H7/n6	Eher Übermaß als Spiel. Zum Fügen ist ein geringer Kraftaufwand notwendig.
Übermaßpassungen	
H7/r6	Geringes Übermaß. Die Teile lassen sich mit mäßiger Kraft fügen.
H7/u8	Großes Übermaß. Fügen nur durch Dehnen oder Schrumpfen möglich.

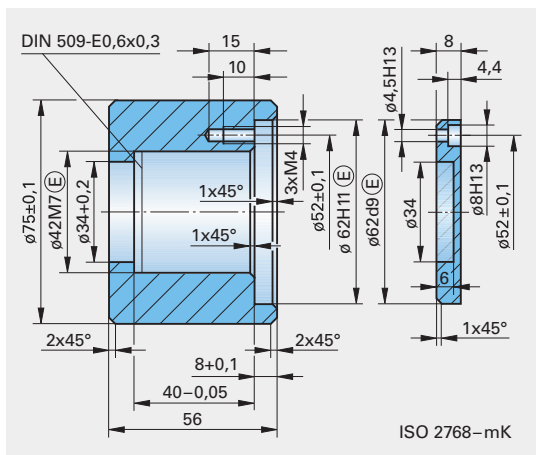


Bild 1: Laufrolle mit Lagerdeckel

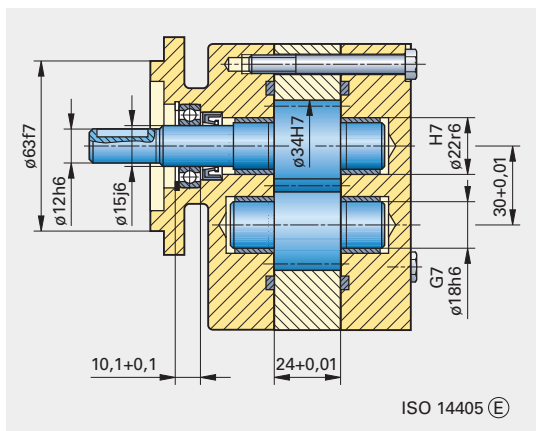


Bild 2: Zahnradpumpe