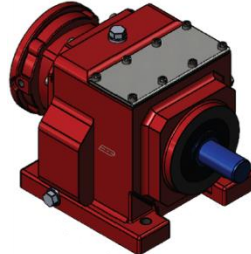


Toleranzen nach ISO 286 bestimmen



Fach	Fertigungstechnik
Jahrgangsstufe	11
Lernfeld	LF 9: Herstellen von Bauelementen durch Feinbearbeitungsverfahren
Querverweise zu weiteren Lernfeldern des Lehrplans	LF 1: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen LF 2: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen In Absprache mit LF 9 können Teile dieser Aufgaben bereits vorgezogen werden
Zeitraumen	3 Unterrichtsstunden, kann unter Auslassung der Allgemeintoleranzen (eigentlich Bereits Stoff im LF 1) auf zwei Unterrichtsstunden gekürzt werden.
Benötigtes Material	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsblätter, Tabellenbuch • ggf. Zeichnung aus dem Anhang zur Projektion • ggf. digitales Puzzle aus mebis Kurs als Lernzielkontrolle für „1. Wichtige Grundbegriffe der tolerierten Maßeintragungen“ • ggf. Internetverbindung zur Nutzung der Möglichkeiten zur Selbstkontrolle für die Lernenden • Video für „3.4. Die Toleranzgrade“ mebis Kurs • nach Möglichkeit sollten einige Wellen nach Zeichnung beschafft werden. Dabei bietet es sich an, im Rahmen der Lernortkooperation bei ausgewählten Betrieben nachzufragen, ob diese Werkstücke als Übungsstücke gefertigt werden können. Dadurch ist gewährleistet, dass eine sinnhafte Prüfung im Unterricht durchgeführt werden kann.



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Zerspanungsmechaniker/in, Fertigungstechnik, LF 9,
Jahrgangsstufe 11

Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- bearbeiten Bauelemente durch Feinbearbeitungsverfahren... Dazu analysieren sie Teil- und Gesamtzeichnungen und leiten daraus die besonderen Anforderungen spezieller Funktionsflächen hinsichtlich ihrer mechanischen und optischen Eigenschaften sowie der Maß- und Formgenauigkeit ab.
- definieren produktbezogene Prüfmerkmale, erstellen unter Verwendung aktueller Anwendungsprogramme Prüfpläne, ordnen Prüfmittel zu und wählen produktbezogene Prüfverfahren aus.



Phasen der vollständigen Handlung

1. Orientieren:

Die Schülerinnen und Schüler haben einen Überblick über die zu fertigende Welle und ihre Funktion.

2. Informieren:

Die Lernenden informieren sich (bei Bedarf mit Unterstützung der Lehrperson) über die verschiedenen Arten, Maße zu tolerieren: frei gewählte Toleranzen, Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768 bzw. ISO 22081 und ISO 286 und die Bestimmung der Grenzmaße.

3. Planen:

Die Schülerinnen und Schüler erstellen auf Grund der Prüfmaße einen fachgerechten Prüfplan.

4. Durchführen:

Die Lernenden ermitteln aus den Angaben der ISO-Toleranzen (und den Allgemeintoleranzen) die oberen und unteren Grenzabmaße sowie daraus folgend die Grenzmaße der tolerierten Maße. Dabei wird auf Rechenkompetenzen, insbesondere auf Kopfrechnen Wert gelegt.

5. Präsentieren:

Die Schülerinnen und Schüler präsentieren die Ergebnisse ihrer Übungsaufgaben.

6. Kontrollieren:

Die Lernenden arbeiten ihren Prüfplan an den vorhandenen Wellen ab und protokollieren die Ergebnisse.

7. Reflektieren:

Die Schülerinnen und Schüler begründen, warum nahe beieinander liegende Maße nach ISO 286 trotzdem deutlich voneinander abweichende Toleranzen haben.

Aufgabe

Bestimmen von Toleranzen nach ISO 286

In Ihrer Firma werden die dargestellten Getriebe gefertigt. Dazu werden Normteile zugekauft, alle anderen Einzelteile hergestellt, die Unterbaugruppen montiert und zum Getriebe zusammengesetzt, die Qualität geprüft und an den Kunden vertrieben.

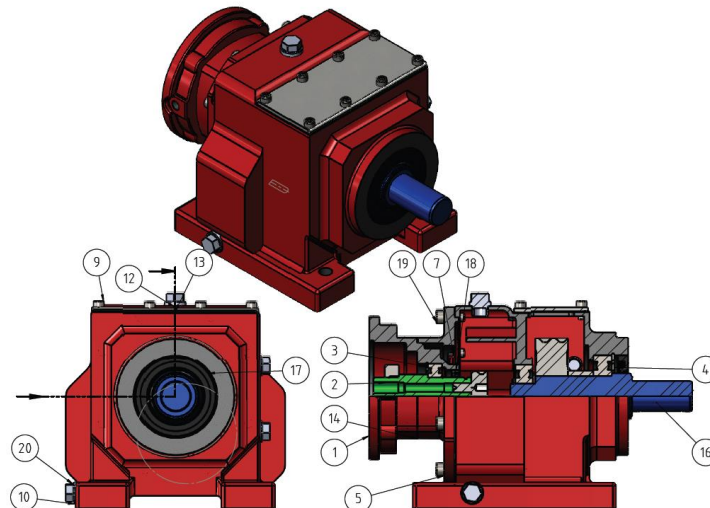


Abbildung 1

Dazu muss die Antriebswelle 2.213.1.1.0.1.6 (Pos. 16) gefertigt werden. Die Maße in der Zeichnung sind dabei unterschiedlich toleriert.

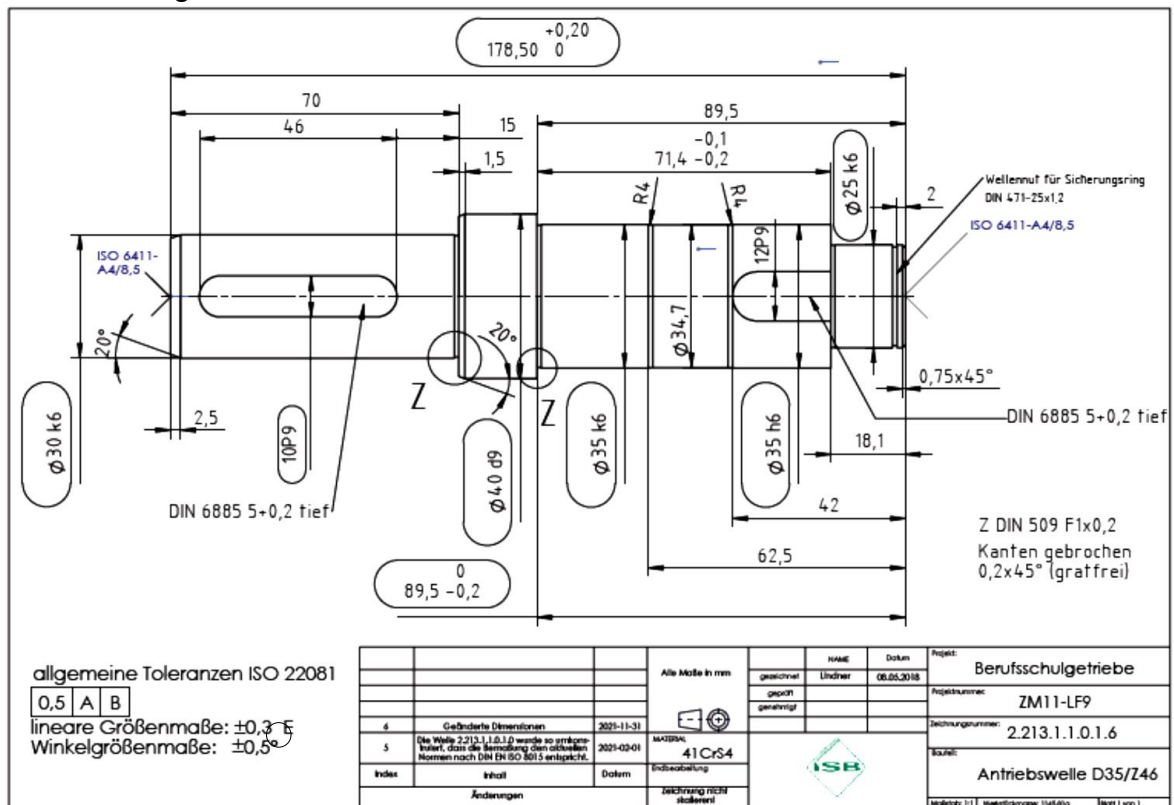


Abbildung 2



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Zerspanungsmechaniker/in, Fertigungstechnik, LF 9,
Jahrgangsstufe 11

Wiederholen Sie folgende Begriffe aus dem ersten Lehrjahr (evtl. mit Hilfe des Fachkundebuches).

1. Was versteht man allgemein unter einer Toleranz?

2. Was versteht man unter einer Passung?

3. Dabei ist aus dem ersten Lehrjahr bereits der folgende Merksatz bekannt:

Toleranzen sollen _____ wie möglich und so _____ wie nötig sein!

Lösungen gibt es hier:

<https://learningapps.org/watch?v=pa86k4xwc20>



1. Wichtige Grundbegriffe der tolerierten Maßeintragungen

Um sich fachgerecht auszudrücken und im Tabellenbuch informieren zu können, benötigen wir Fachbegriffe.

Aufgabe:

Ergänzen Sie mit Hilfe Ihres Tabellen- und Fachkundebuches folgende Tabelle:

Begriff	Erklärung	Formelbuchstabe
Nennmaß		
	Größtes zulässiges Maß	
		G_{uB}/G_{uW}
		ES/es
	Differenz zwischen Nennmaß und Mindestmaß	
Toleranz		



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Zerspanungsmechaniker/in, Fertigungstechnik, LF 9,
Jahrgangsstufe 11

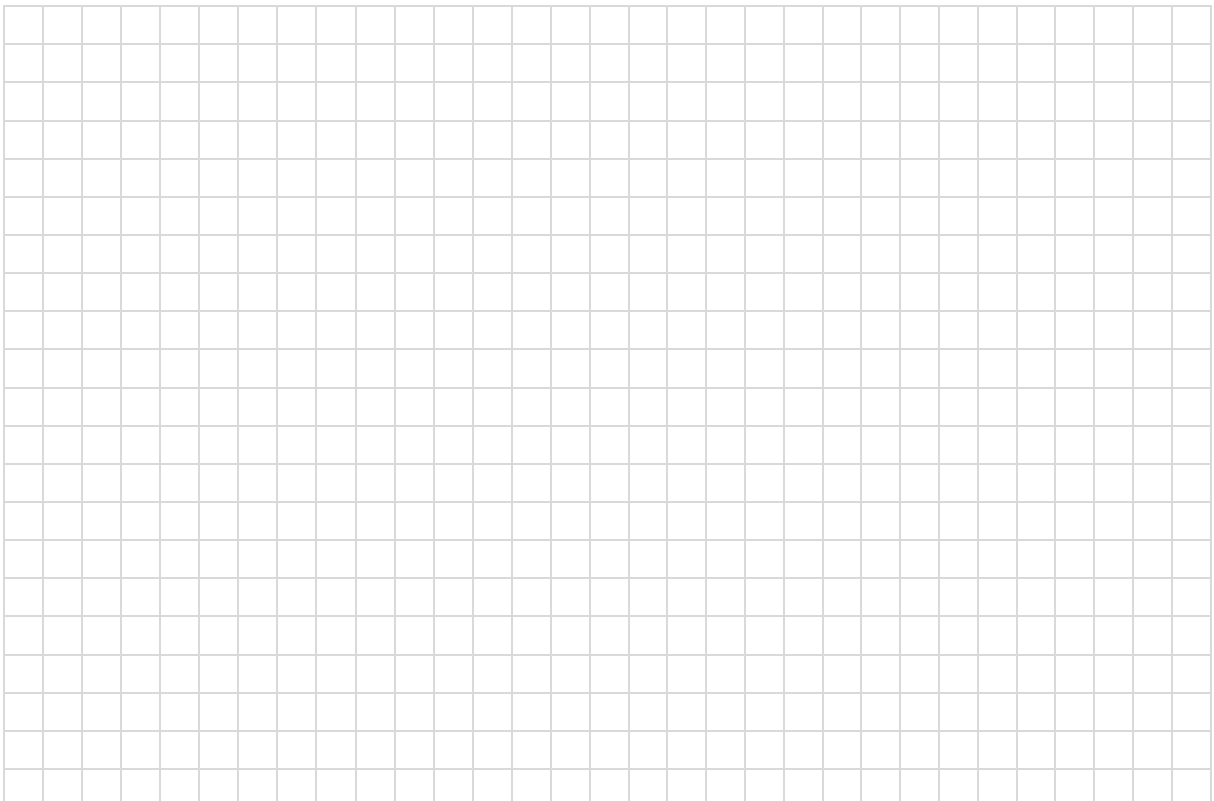
	Tatsächlich gemessenes Maß	In QS: x_i
--	----------------------------	--------------

Aufgabe:

Stellen Sie die erarbeiteten Begriffe in einer Zeichnung dar! Benutzen Sie dazu die gängigen Grafiken aus dem Fachkunde-, Fachrechen- oder Tabellenbuch und wählen Sie die Grafik aus, die für Sie am deutlichsten ist. Durch das Abzeichnen üben Sie die Begriffe und lernen die Lage der einzelnen Maße.

Lösung unter

<https://learningapps.org/watch?v=peh7gyjgc20>





2. Allgemeintoleranzen

Sind in einer technischen Zeichnung zu den Nennmaßen keine Grenzabmaße angegeben, so wurden bisher _____ nach DIN ISO 2768 verwendet (vgl. Tabellenbuch S. _____).

Die Allgemeintoleranzen für Längen- und Winkelmaße werden in verschiedene _____ unterteilt.

Kurzzeichen	f	m	c	v
Benennung				
English name				

Die Lösung hierzu findest du hier:

<https://learningapps.org/watch?v=pfrwwhyg220>



Wichtig!

„Mit der spätestens für Ende 2019 geplanten Veröffentlichung der ISO 22081 [GPS-System] ist geplant, die veralteten und im Widerspruch zum aktuellen GPS-System stehenden Normen ISO 2768-1 und -2 zurück zu ziehen.“

(<https://www.din.de/de/din-und-seine-partner/presse/mitteilungen/allgemeintoleranzen-iso-gps-system-soll-iso-2768-ersetzen-229990>, zuletzt aufgerufen am 9.7.20)



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Zerspanungsmechaniker/in, Fertigungstechnik, LF 9,
Jahrgangsstufe 11

Aufgabe:

In der Zeichnung 2.213.1.1.0.1.6 der Antriebswelle sind viele Maße ohne Toleranzangabe. Finden Sie alle nicht tolerierten Maße und bearbeiten Sie damit die nachfolgende Tabelle nach DIN ISO 2768-m:

Allgemeintoleranzen der Zeichnung				
Maß	T	Toleriertes Maß	Mindestmaß	G _o

3. ISO – Toleranzen

Außerdem findet man in der Zeichnung 2.213.1.1.0.1.6 eine Reihe von Maßen nach dem dargestellten Muster:

Ø35 h6

Dies ist eine Tolerierung nach DIN ISO 286, dabei werden die Toleranzen mit Grundtoleranzgraden (IT-Qualitäten) und Grundabmaßen dargestellt.

Fülle die beiden Lückentexte aus, indem du die folgenden Begriffe richtig verteilst: Buchstaben, 18, Großbuchstaben, Zahlen, Kleinbuchstaben, zc, 1, a.

3.1 Begriffsbestimmung

Die Grundabmaße kennzeichnet man mit _____ (von _____ bis _____),
die Grundtoleranzgrade mit _____ (von _____ bis _____).

3.2 Kennzeichnung von Bohrungen und Wellen

Bohrungen erhalten bei ISO – Toleranzen _____,



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Zerspanungsmechaniker/in, Fertigungstechnik, LF 9,
Jahrgangsstufe 11

Wellen hingegen _____.

3.3 Die Lage der Grundabmaße zur Nulllinie

Welche Grundabmaße liegen

	bei Bohrungen	bei Wellen
vollständig unter der Nulllinie?		
auf der Nulllinie?		
vollständig über der Nulllinie?		

Welche Aussage können Sie somit über das Grundabmaß h (aus dem Beispiel $\text{Ø}35\ h6$) machen?

3.4 Die Toleranzgrade

Die Grundtoleranzen werden nach DIN ISO 286 in Grundtoleranzgrade (IT-Qualitäten) von 1 bis 18 unterteilt, so dass verschiedenen Nennmaßbereichen auch unterschiedliche Toleranzen zugeordnet werden.

Über den Umgang mit den ISO-Toleranzen können Sie sich informieren unter

<https://lernplattform.mebis.bayern.de/course/view.php?id=126528>





Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Zerspanungsmechaniker/in, Fertigungstechnik, LF 9, Jahrgangsstufe 11

Aufgabe:

Bestimme für die nach ISO 286 tolerierten Maße der Welle in der Zeichnung 2.213.1.1.0.1.6 Abmaße und die Toleranzen, wie im Beispiel 35 h6 gegeben!

ISO – Toleranz	ES/es EI/ei	T	G_{oW}/G_{oB} G_{uW}/G_{uB}	ISO – Toleranz	ES/es EI/ei	T	G_{oW}/G_{oB} G_{uW}/G_{uB}
Ø 30 k6				Ø 35 k6			
10 P9				Ø 35 h6	0 -16µm	16µm	35,000mm 34,984mm
Ø 40 d9				Ø 25 k6			
				12 P9			

Aufgabe:

Ein Kunde wünscht sich, dass die beiden Langlöcher in der Breite statt mit IT9 nur noch mit IT7 toleriert werden, da er hofft, dass die Geräuschentwicklung durch die einzufügenden Passfedern verringert wird.

Bestimmen Sie die neuen Abmaße und Toleranzen!

ISO – Toleranz	ES lt. Tabelle	Δ	ES (als Rechnung)	T	ES EI	G_{oW}/G_{oB} G_{uW}/G_{uB}
10 P7						
12 P7						

Begründe:

a) Warum unterscheiden sich ES und T bei 10 P7 und 12 P7?



b) Warum unterscheiden sich ES und EI bei 10 P7 und 10 P9 (und natürlich auch bei 12 P7 und 12P9) voneinander?

Zusatzaufgaben für Schnelle und Interessierte finden sich auf der letzten Seite.

4. Erstellung eines Prüfplans

Um die Antriebswelle 2.213.1.1.0.1.2 der Unterbaugruppe 16 zu fertigen, muss ein Prüfplan erstellt werden. Jedes Teil soll kontrolliert werden. Dazu sind (ausschließlich) die Prüfmaße zu prüfen.

Aufgabe:

4.1 Klären Sie, woran man Prüfmaße erkennt:

4.2 Beschäftigen Sie sich mit dem Thema „Messunsicherheit“ im Fachkundebuch auf S. 21 (58. Auflage) und notieren Sie die Näherungsformel.

4.3 Im Folgenden darf, wie im Fachkundebuch beschrieben, davon ausgegangen werden, dass die Messunsicherheit Ihrer Messmittel etwa einem Skalenteilungswert (Skw) oder drei Ziffernschrittweite (Zw) entspricht. Erstellen Sie einen geeigneten Prüfplan auf der nächsten Seite, bei dem die Maße vom Werker direkt vor der Montage an jedem Teil geprüft und protokolliert werden.

Überprüfe dein Wissen auf

<https://www.learningsnacks.de/share/85578/d57bc6e2f6afc7ee02b4f2dda283d480a784642f>





Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Zerspanungsmechaniker/in, Fertigungstechnik, LF 9, Jahrgangsstufe 11

Zerspanungsmechaniker		Ersteller:		Erstelldatum:		
Fertigungstechnik, LF 9, 2.LJ		Projektnummer:	Zeichnungsnummer:		Zeichnung vom:	Letzte Änderung:
Prüfplan		Projektbezeichnung:		Bauteil:		
Ab- lauf	Merkmals- beschreibung	Spezifik. Nennmaß	Prüfmittel	Prüfort	Stichproben- zeitpunkt	Prüfung erfolgt qualitativ / quantitativ

Führe die Prüfung nach Möglichkeit durch.



5. Zusatzaufgaben für Schnelle und Interessierte.

Bestimme für die folgenden Beispiele die Abmaße und die Toleranzen!

ISO – Toleranz	Ø 6	Ø 16	Ø 45
h6	$\begin{matrix} 0 \\ -8\mu\text{m} \end{matrix} \quad T = 8\mu\text{m}$		
H6			
k4			
K8			
j5			
H7			



Lösung

Wiederholen Sie folgende Begriffe aus dem ersten Lehrjahr (evtl. mit Hilfe des Fachkundebuches):

4. Was versteht man allgemein unter einer Toleranz?

Die Toleranz gibt

a) die Ober- und Untergrenzen für das Maß eines Bauteils an, die gerade noch zulässig sind

b) den Abstand zwischen Ober- und Untergrenze eines Maßes an

5. Was versteht man unter einer Passung ?

Die Passung entsteht durch die Kombination zweier Bauteile, die beide toleriert sind.

6. Dabei ist aus dem ersten Lehrjahr bereits der folgende Merksatz bekannt:

Toleranzen sollen **groß** wie möglich und so **klein / genau** wie nötig sein!

6. Wichtige Grundbegriffe der tolerierten Maßeintragungen

Um sich fachgerecht auszudrücken und im Tabellenbuch informieren zu können, benötigen wir Fachbegriffe.

Aufgabe:

Ergänzen Sie mit Hilfe Ihres Tabellen- und Fachkundebuches folgende Tabelle:

Begriff	Erklärung	Formelbuchstabe
Nennmaß	In Zeichnung genanntes Maß	N
Höchstmaß	Größtes zulässiges Maß	G_{oB}/G_{oW}
Mindestmaß	Kleinste zulässiges Maß	G_{uB}/G_{uW}
Oberes Abmaß	Differenz zwischen Höchstmaß und Nennmaß	ES/es
Unteres Abmaß	Differenz zwischen Nennmaß und Mindestmaß	EI/ei
Toleranz	Differenz zwischen Höchstmaß und Mindestmaß	T
Istmaß	Tatsächlich gemessenes Maß	In QS: x_i

7. Allgemeintoleranzen

Sind in einer technischen Zeichnung zu den Nennmaßen keine Grenzabmaße angegeben, so wurden bisher **Allgemeintoleranzen** nach DIN ISO 2768 verwendet (vgl. Tabellenbuch S. _____).

Die Allgemeintoleranzen für Längen- und Winkelmaße werden in verschiedene **Toleranzklassen** unterteilt.

Kurzzeichen	f	m	c	v
Benennung	fein	mittel	grob	sehr grob
English name	fine	medium	coarse	very coarse

Aufgabe:

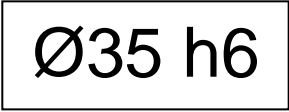
In der Zeichnung 2.213.1.1.0.1.6 der Antriebswelle sind viele Maße ohne Toleranzangabe. Finden Sie alle nicht tolerierten Maße und bearbeiten Sie damit die nachfolgende Tabelle nach DIN ISO 2768-m:

Allgemeintoleranzen der Zeichnung				
Maß	T	Toleriertes Maß	Mindestmaß	G _o
1,5 mm	0,2 mm	1,5 ± 0,1 mm	1,4 mm	1,6 mm
2,5 mm	0,2 mm	2,5 ± 0,1 mm	2,4 mm	2,6 mm
5 mm	0,2 mm	5 ± 0,1 mm	4,9 mm	5,1 mm
24,5 mm	0,4 mm	24,5 ± 0,2 mm	24,3 mm	24,7 mm
Ø39,7 mm	0,6 mm	Ø39,7 ± 0,3 mm	Ø39,4 mm	Ø40 mm
50 mm	0,6 mm	50 ± 0,3 mm	49,7 mm	50,3 mm
60 mm	0,6 mm	60 ± 0,3 mm	59,7 mm	60,3 mm
62 mm	0,6 mm	62 ± 0,3 mm	61,7 mm	62,3 mm
82,5 mm	0,6 mm	82,5 ± 0,3 mm	82,2 mm	82,8 mm



8. ISO – Toleranzen

Außerdem findet man in der Zeichnung 2.213.1.1.0.1.6 eine Reihe von Maßen nach dem dargestellten Muster:



Dies ist eine Tolerierung nach DIN ISO 286, dabei werden die Toleranzen mit Grundtoleranzgraden (IT-Qualitäten) und Grundabmaßen dargestellt.

3.1 Begriffsbestimmung

Die Grundabmaße kennzeichnet man mit Buchstaben (von a bis zc), die Grundtoleranzgrade mit Zahlen (von 1 bis 18).

3.2 Kennzeichnung von Bohrungen und Wellen

Bohrungen erhalten bei ISO – Toleranzen Großbuchstaben, Wellen hingegen Kleinbuchstaben.

Fülle die beiden Lückentexte aus, indem du die folgenden Begriffe richtig verteilst: Buchstaben, 18, Großbuchstaben, Zahlen, Kleinbuchstaben, zc, 1, a

3.3 Die Lage der Grundabmaße zur Nulllinie

Welche Grundabmaße liegen

	bei Bohrungen	bei Wellen
vollständig unter der Nulllinie?	M - ZC	a - h
auf der Nulllinie?	J / JS / K	j / js
vollständig über der Nulllinie?	A - H	k - zc

Welche Aussage können Sie somit über das Grundabmaß h (aus dem Beispiel Ø35 h6) machen?

Welle,

Toleranz h liegt unter der Nulllinie,

oberes Abmaß es = 0 (typisch für h)

Toleranz: hängt von der Zahl ab!



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Zerspanungsmechaniker, Fertigungstechnik, Jahrgangsstufe 11

Aufgabe:

Bestimme für die nach ISO 286 tolerierten Maße der Welle in der Zeichnung 2.213.1.1.0.1.6 Abmaße und die Toleranzen, wie im Beispiel 35 h6 gegeben!

ISO – Toleranz	ES/es EI/ei	T	G_{oW}/G_{oB} G_{uW}/G_{uB}	ISO – Toleranz	ES/es EI/ei	T	G_{oW}/G_{oB} G_{uW}/G_{uB}
Ø 30 k6	+15µm +2µm	13µm	30,015mm	Ø 35 k6	+18µm +2µm	16µm	35,018mm
			30,002mm				35,002mm
10 P9	-15µm -51µm	36µm	9,985mm	Ø 35 h6	0 -16µm	16µm	35,000mm
			9,949mm				34,984mm
Ø 40 d9	-80µm	62µm	39,920mm	Ø 25 k6	+2µm	13µm	25,015mm
			39,858mm				25,002mm
				12 P9	-18µm	43µm	11,982mm
							11,939mm

Aufgabe:

Ein Kunde wünscht sich, dass die beiden Langlöcher in der Breite statt mit IT9 nur noch mit IT7 toleriert werden, da er hofft, dass die Geräuschentwicklung durch die einzufügenden Passfedern verringert wird.

Bestimmen Sie die neuen Abmaße und Toleranzen!

ISO – Toleranz	ES lt. Tabelle	Δ	ES (als Rechnung)	T	ES EI	G_{oW}/G_{oB} G_{uW}/G_{uB}
10 P7	-15µm+ Δ	6µm	-15µm+6µm	15µm	-9µm -24µm	9,991mm 9,976mm
12 P7	-18µm+ Δ	7µm	-18µm+7µm	18µm	-11µm -39µm	9,989mm 9,961mm

Begründe:

a) Warum unterscheiden sich ES und T bei 10 P7 und 12 P7?

Entscheidend für die Bestimmung von ES, Δ und T ist das 12 P7 Nennmaß. Das Maß 10 P7 hat ein Nennmaß bis 10mm, das Maß hingegen ein Nennmaß über 10mm (bis 18mm). Somit unterscheiden sich alle drei Werte!



b) Warum unterscheiden sich ES und EI bei 10 P7 und 10 P9 (und natürlich auch bei 12 P7 und 12P9) voneinander?

Der Ausgangspunkt der Berechnung ist beim Grundabmaß P das obere Grenzabmaß ES. Da das Grenzabmaß bei P9 mit $-15\mu\text{m}$ (10P9) bzw $-18\mu\text{m}$ (12P9) angegeben wird, bei P7 aber mit $-15\mu\text{m}+\Delta$ (10P9) bzw $-18\mu\text{m}+\Delta$ (12P9), ergeben sich um Δ ($6\mu\text{m}$ bei $N=10\text{mm}$, $7\mu\text{m}$ bei $N = 12\text{mm}$) verschiedene Werte.

Zusatzaufgaben für Schnelle und Interessierte finden sich auf der letzten Seite.

9. Erstellung eines Prüfplans

Um die Antriebswelle 2.213.1.1.0.1.2 der Unterbaugruppe 16 zu fertigen, muss ein Prüfplan erstellt werden. Jedes Teil soll kontrolliert werden. Dazu sind (ausschließlich) die Prüfmaße zu prüfen.

Aufgabe:

4.1 Klären Sie, woran man Prüfmaße erkennt:

Maß ist in seitlich abgerundeten Rahmen gesetzt

4.2 Beschäftigen Sie sich mit dem Thema „Messunsicherheit“ im Fachkundebuch auf S. 21 (58. Auflage) und notieren Sie die Näherungsformel.

$$U_{zul} = 1/10 * T$$



Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Zerspanungsmechaniker, Fertigungstechnik, Jahrgangsstufe 11

Zerspanungsmechaniker		Ersteller:		Erstelldatum:		
Fertigungstechnik, LF 9, 2.LJ		Projektnummer:	Zeichnungsnummer:	Zeichnung vom:	Letzte Änderung:	
Prüfplan		Projektbezeichnung:		Bauteil:		
Ab- lauf	Merkmals- beschreibung	Spezifik. Nennmaß	Prüfmittel	Prüfort	Stichproben- zeitpunkt	Prüfung erfolgt qualitativ / quantitativ
1	Antriebsschaft	∅ 30 k6	Feinzeiger mit Stativ	Maschine	nach Fertigung	quantitativ
2	Sitz RWDR	∅ 40 d9	Feinzeiger mit Stativ	Maschine	nach Fertigung	quantitativ
3	Lagersitz mittig	∅ 35 k6	Feinzeiger mit Stativ	Maschine	nach Fertigung	quantitativ
4	Sitz Zahnrad	∅ 35 h6	Grensrachenlehre	Maschine	nach Fertigung	qualitativ
5	Lagersitz rechts	∅ 25 k6	Feinzeiger mit Stativ	Maschine	nach Fertigung	quantitativ
6	Breite Langloch	10 P9	Endmaße	Maschine	nach Fertigung	qualitativ
7	Gesamtänge	178,5 ± 0,1	digit. Höhenmessgerät	Maschine	nach Fertigung	quantitativ
8	Länge rechter Absatz	89,5 -0,2	digit. Messschieber	Maschine	nach Fertigung	quantitativ



10. Zusatzaufgaben für Schnelle und Interessierte:

Bestimme für die folgenden Beispiele die Abmaße und die Toleranzen!

ISO – Toleranz	Ø 6	Ø 16	Ø 45
h6	$\begin{matrix} 0 \\ -8\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 8 μm	$\begin{matrix} 0 \\ -11\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 11 μm	$\begin{matrix} 0 \\ -16\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 16 μm
H6	$\begin{matrix} +8\mu\text{m} \\ 0 \end{matrix}$ T = 8 μm	$\begin{matrix} 11\mu\text{m} \\ 0 \end{matrix}$ T = 11 μm	$\begin{matrix} 16\mu\text{m} \\ 0 \end{matrix}$ T = 16 μm
k4	$\begin{matrix} +5\mu\text{m} \\ +1\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 4 μm	$\begin{matrix} +6\mu\text{m} \\ +1\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 5 μm	$\begin{matrix} +9\mu\text{m} \\ +2\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 7 μm
K8	$\begin{matrix} +5\mu\text{m} \\ -13\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 18 μm	$\begin{matrix} +8\mu\text{m} \\ -19\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 27 μm	$\begin{matrix} +12\mu\text{m} \\ -27\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 39 μm
j5	$\begin{matrix} +3\mu\text{m} \\ -2\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 5 μm	$\begin{matrix} +5\mu\text{m} \\ -3\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 8 μm	$\begin{matrix} +6\mu\text{m} \\ -5\mu\text{m} \end{matrix}$ T = 11 μm
H7	$\begin{matrix} +12\mu\text{m} \\ 0 \end{matrix}$ T = 12 μm	$\begin{matrix} +18\mu\text{m} \\ 0 \end{matrix}$ T = 18 μm	$\begin{matrix} +25\mu\text{m} \\ 0 \end{matrix}$ T = 25 μm

Anlage

Zeichnung vergrößert für Projektion

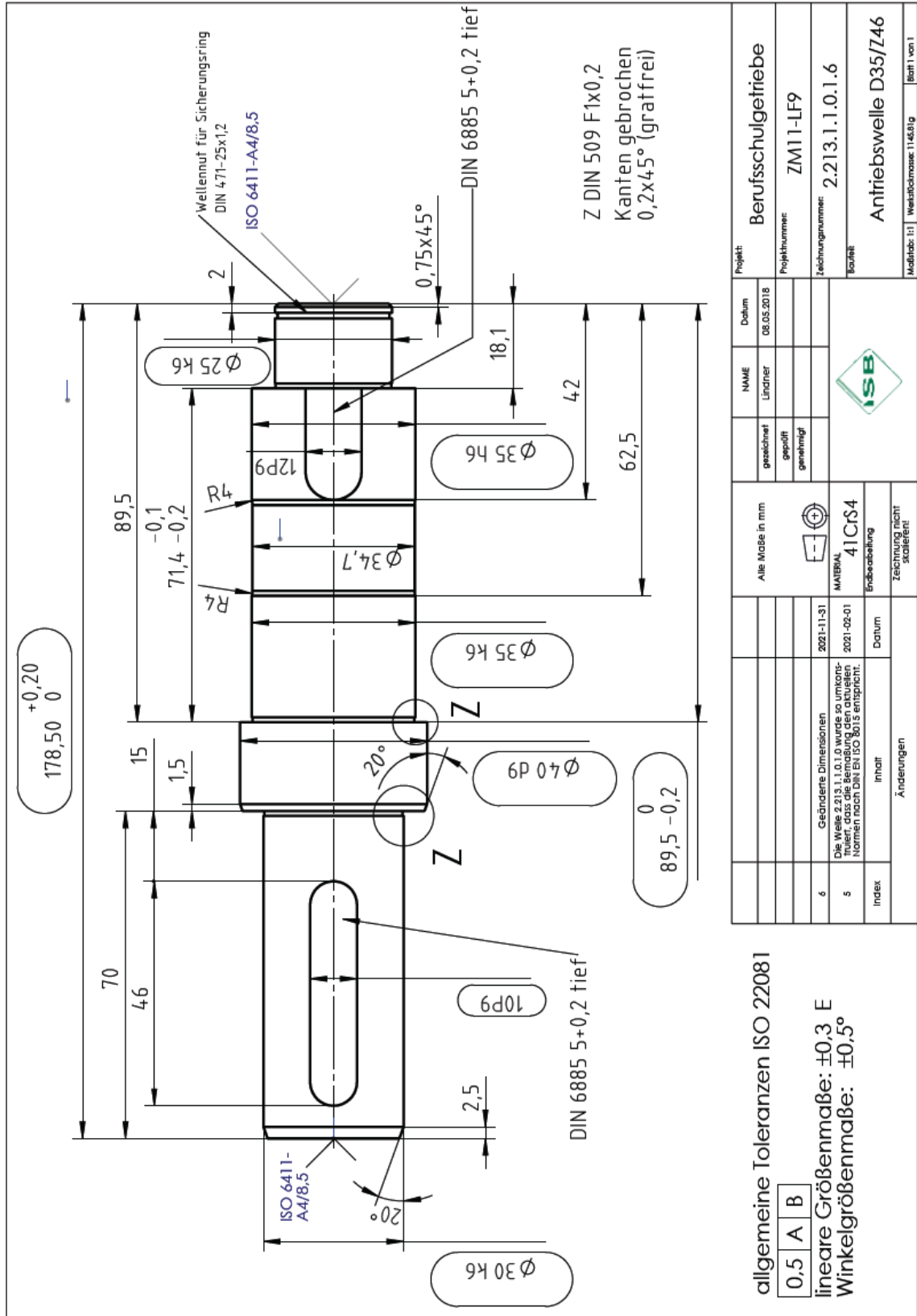


Abbildung 3



Quellen- und Abbildungsverzeichnis

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

- **Abb. 1-3:** Lindner, Andreas
- <https://www.din.de/de/din-und-seine-partner/presse/mitteilungen/allgemeintoleranzen-iso-gps-system-soll-iso-2768-ersetzen-229990>, zuletzt aufgerufen am 9.7.2020