

# Prüfungsbuch Metall

Technologie - Technische Mathematik - Technische Kommunikation - Wirtschafts- und Sozialkunde

von

Max Heinzler, Eckhard Ignatowitz, Ullrich Kinz, Reinhard Vetter

1. Auflage

Europa Lehrmittel 2011

Verlag C.H. Beck im Internet:

[www.beck.de](http://www.beck.de)

ISBN 978 3 8085 1258 6



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für metalltechnische Berufe

# Prüfungsbuch Metall

Heinzler

Dr. Ignatowitz

Kinz

Vetter

28. neu bearbeitete Auflage

Technologie  
Technische Mathematik  
Technische Kommunikation  
Wirtschafts- und Soziakunde

- Fragen mit Antworten und Erklärungen
- Testaufgaben mit Auswahlantworten
- Rechenaufgaben mit Lösungen
- Prüfungseinheiten zu Lernprojekten
- Lösungen der Testaufgaben und Prüfungseinheiten

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 10269

Die Autoren des Prüfungsbuchs Metall:

Heinzler, Max	Dipl.-Ing. (FH), Studiendirektor	Wangen im Allgäu
Ignatowitz, Eckhard	Dr.-Ing., Studienrat	Waldbronn
Kinz, Ullrich	Studiendirektor	Groß-Umstadt
Vetter, Reinhard	Studiendirektor	Ottobeuren

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Dr. Eckhard Ignatowitz

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Das vorliegende Buch wurde auf der **Grundlage der neuen amtlichen Rechtschreibregeln** und unter Berücksichtigung des lernfeldorientierten Lehrplans der Kultusministerkonferenz (KMK) für den Ausbildungsberuf Industriemechaniker(in) erstellt.

28. Auflage 2011

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-1258-6

Umschlaggestaltung unter Verwendung eines Fotos der Firma Alzmetall / Altenmarkt

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2011 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: rkt, 42799 Leichlingen, [www.rktypo.com](http://www.rktypo.com)

Druck: Konrad Tritsch Druck und digitale Medien GmbH, 97199 Ochsenfurt-Hohestadt

Das **PRÜFUNGSBUCH METALL** in der vorliegenden 28. Auflage bezieht sich auf die Lerninhalte der 56. Auflage **FACHKUNDE METALL**.

Das **PRÜFUNGSBUCH METALL** ergänzt die **FACHKUNDE METALL** durch eine systematische Lernzielkontrolle des dort behandelten Lernstoffs.

Es kann aber auch mit **anderen Fachbüchern** gleicher Zielsetzung benutzt werden und ist zur Begleitung des **lernfeldorientierten Unterrichts** geeignet.

Das **PRÜFUNGSBUCH METALL** dient zur Kenntnisfestigung vor **Klassenarbeiten** in Berufs- und Fachschulen sowie zur Vorbereitung auf **Abschlussprüfungen** für Facharbeiter, Techniker und Meister des Berufsfeldes Metall.

Der Inhalt des Buches umfasst den gesamten Prüfungsstoff für metalltechnische Berufe. Der Schwerpunkt der Inhalte liegt auf dem Sachgebiet **Technologie** (Teil I). Daneben enthält das Buch auch Aufgaben zur **technischen Mathematik** (Teil II), zur **technischen Kommunikation (Arbeitsplanung)** (Teil III) und zur **Wirtschafts- und Sozialkunde** (Teil IV).

Der gesamte Inhalt der Teile I bis IV ist nach Sachgebieten gegliedert und erlaubt damit ein gezieltes Vorbereiten auf einzelne Wissensbereiche oder Lernfelder.

## Teil I Technologie

Teil I enthält alle **Wiederholungsfragen** aus der 56. Auflage der **FACHKUNDE METALL** und zusätzlich **ergänzende Fragen** sowie am Ende jedes Großkapitels **Testaufgaben** mit Auswahlantworten. Zu den Fragen sind, farblich abgesetzt, die Antworten gegeben. Zusätzliche Erläuterungen und eine reichhaltige Ausstattung mit Bildern vertiefen den Lernerfolg.

## Teil II Technische Mathematik

Teil II enthält im ersten Abschnitt Aufgaben mit ausgearbeiteten Lösungsvorschlägen. Der zweite Abschnitt besteht aus Testaufgaben mit Auswahllösungen.

## Teil III Technische Kommunikation (Arbeitsplanung)

Teil III enthält zu einem **Lernprojekt** Fragen bzw. Aufgaben mit ausgearbeiteten Antworten sowie Testaufgaben mit Auswahlantworten.

## Teil IV Wirtschafts- und Sozialkunde

Teil IV hat sieben Themenbereiche. Zu jedem Thema gibt es einen Block aus Fragen mit ausgearbeiteten Antworten sowie einen Block aus Testaufgaben mit Auswahlantworten.

## Teil V Prüfungseinheiten

Dieser Teil besteht aus **neun Prüfungseinheiten**.

Acht dieser Prüfungseinheiten sind in einen Teil 1 Testaufgaben mit Auswahlantworten und einen Teil 2 mit ungebundenen Fragen untergliedert. Die Prüfungseinheiten sind in Aufbau und Inhalt den Prüfungsrichtlinien der Ausbildungsordnungen sowie den **Abschlussprüfungen der PAL** (Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelentwicklungsstelle, Stuttgart) angeglichen.

Eine zusätzliche integrierte Prüfungseinheit enthält an einem Lernprojekt gestellte Aufgaben aus den Sachgebieten Technologie, technische Mathematik und technische Kommunikation.

## Teil VI Lösungen

In Teil VI sind die Lösungen zu den Testaufgaben der Teile I bis IV sowie zu den Prüfungseinheiten von Teil V enthalten.

Die Prüfungseinheiten und die Lösungen sind perforiert und können aus dem Buch leicht herausgetrennt werden. Die Prüfungseinheiten sind deshalb auch als **Klassenarbeiten** und zur Vorbereitung auf die Ausbildungs-Abschlussprüfungen verwendbar.

In der vorliegenden 28. Auflage wurden im Buchteil I Technologie folgende Inhalte aktualisiert bzw. ergänzt: Qualitätsmanagement, Schweißen, Stähle und Gusseisen, Handhabung in der Fertigung und Montage, Automatisierungstechnik, CNC-Stähle.

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Aufgaben zur Technologie

7

<b>1</b>	<b>Längenprüftechnik</b>	<b>7</b>
1.1	Größen und Einheiten . . . . .	7
1.2	Grundlagen der Messtechnik . . . . .	8
1.3	Längenprüfmittel . . . . .	10
1.4	Oberflächenprüfung . . . . .	15
1.5	Toleranzen und Passungen . . . . .	17
1.6	Form- und Lageprüfung . . . . .	20
	<b>Testfragen zur Längenprüftechnik</b> . . . . .	23
<b>2</b>	<b>Qualitätsmanagement</b>	<b>27</b>
	<b>Testfragen zum Qualitätsmanagement</b> . . . . .	32
<b>3</b>	<b>Fertigungstechnik</b>	<b>34</b>
3.1	Arbeitssicherheit . . . . .	34
3.2	Gliederung der Fertigungsverfahren . . . . .	35
3.3	Gießen . . . . .	36
3.4	Umformen . . . . .	37
3.5	Schneiden . . . . .	43
3.6	Spanende Fertigung . . . . .	45
	Spanende Formgebung von Hand . . . . .	45
3.6.1	Grundlagen der spanenden Fertigung mit Maschinen . . . . .	47
	Schneidstoffe, Kühlschmierstoffe . . . . .	49
3.6.2	Sägen . . . . .	52
3.6.3	Bohren, Gewindebohren, Senken, Reiben . . . . .	53
3.6.4	Drehen . . . . .	58
	Drehverfahren, Bewegungen, Schneidengeometrie, Verschleiß, Standzeit . . . . .	58
	Drehwerkzeuge, Schnittdaten . . . . .	62
	Gewindedrehen . . . . .	65
	Abstech- und Harddrehen, Rändeln . . . . .	66
	Spannsysteme . . . . .	67
	Drehmaschinen . . . . .	68
3.6.5	Fräsen . . . . .	71
	Zerspanungsgrößen . . . . .	71
	Fräswerkzeuge . . . . .	72
	Fräsvorfahren . . . . .	74
	Hochgeschwindigkeitsfräsen . . . . .	76
	Fräsmaschinen . . . . .	76
	Laserbearbeitung . . . . .	76
3.6.6	Schleifen . . . . .	77
	Schleifkörper, Einflüsse auf den Schleifprozess, Schleifverfahren, Schleifmaschinen . . . . .	77
3.6.7	Feinbearbeitung . . . . .	80
	Honen und Läppen . . . . .	80
3.6.8	Funkenerosives Abtragen . . . . .	82
3.6.9	Vorrichtungen und Spannelemente an Werkzeugmaschinen . . . . .	83
3.6.10	Fertigungsbeispiel Spannpratze . . . . .	85
3.7	Fügen . . . . .	87
3.7.1	Fügeverfahren . . . . .	87
3.7.2	Press- und Schnappverbindungen . . . . .	87
3.7.3	Kleben . . . . .	88
3.7.4	Löten . . . . .	89
3.7.5	Schweißen . . . . .	90
	Lichtbogenhandschweißen . . . . .	90
	Schutzgasschweißen . . . . .	91
	Gasschmelzschweißen . . . . .	91
	Strahlschweißen, Pressschweißen . . . . .	92
3.8	Beschichten . . . . .	94
3.9	Fertigungsbetrieb und Umweltschutz . . . . .	95
	<b>Testfragen zur Fertigungstechnik</b> . . . . .	96
<b>4</b>	<b>Werkstofftechnik</b>	<b>117</b>
4.1	Übersicht der Werk- und Hilfsstoffe . . . . .	117
4.2	Auswahl und Eigenschaften der Werkstoffe . . . . .	117
4.3	Innerer Aufbau der Metalle . . . . .	119
4.4	Stähle und Gusseisenwerkstoffe . . . . .	121
	Herstellung und Weiterverarbeitung . . . . .	121
	Gusseisenwerkstoffe . . . . .	123
	Kurznamen und Werkstoffnummern . . . . .	124
	Einteilung, Verwendung, Handelsformen . . . . .	127
	Nichteisenmetalle . . . . .	129
	Leichtmetalle . . . . .	129
	Schwermetalle . . . . .	131
	Sinterwerkstoffe . . . . .	132
	Keramische Werkstoffe . . . . .	133
	Wärmebehandlung der Stähle . . . . .	134
	Fe-C-Zustandsdiagramm und Gefüge . . . . .	134
	Glühen, Härtcn . . . . .	135
	Vergüten, Härtcn der Randzone . . . . .	138
	Werkstoffprüfung . . . . .	140
	Mechanische Eigenschaften . . . . .	140
	Härteprüfungen . . . . .	143
	Dauerfestigkeits- und Bauteilprüfung . . . . .	144
4.10	Korrosion und Korrosionsschutz . . . . .	145
4.11	Kunststoffe . . . . .	147
	Eigenschaften, Einteilung . . . . .	147
	Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere . . . . .	148
	Prüfung der Kunststoffe, Kennwerte . . . . .	150
	Formgebung und Weiterverarbeitung . . . . .	151
	Verbundwerkstoffe . . . . .	153
	Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe . . . . .	154
	<b>Testfragen zur Werkstofftechnik</b> . . . . .	155

<b>5</b>	<b>Maschinen- und Gerätetechnik</b>	<b>166</b>	<b>6</b>	<b>Automatisierungstechnik</b>	<b>226</b>
5.1	Einteilung der Maschinen . . . . .	166	6.1	Steuern und Regeln . . . . .	226
5.2	Fertigungseinrichtungen . . . . .	169	6.2	Grundlagen für die Lösung von Steuerungsaufgaben . . . . .	227
	Handhabungseinrichtungen . . . . .	169	6.3	Pneumatische Steuerungen . . . . .	231
	Flexible Fertigungseinrichtungen . . . . .	171	6.4	Hydraulische Steuerungen . . . . .	237
5.3	Inbetriebnahme . . . . .	173	6.5	Elektrische Steuerungen . . . . .	241
5.4	Funktionseinheiten von Maschinen und Geräten . . . . .	174	6.6	Speicherprogrammierbare Steuerungen . . . . .	242
	Sicherheitseinrichtungen . . . . .	176	6.7	CNC-Steuerungen . . . . .	245
5.5	Funktionseinheiten zum Verbinden . . . . .	176	6.7.1	Merkmale CNC-gesteuerter Maschinen . . . . .	245
	Gewinde . . . . .	176	6.7.2	Koordinaten, Null- und Bezugspunkt . . . . .	246
	Schraubenverbindungen . . . . .	177	6.7.3	Steuerungsarten, Korrekturen . . . . .	246
	Stift- und Nietverbindungen . . . . .	180	6.7.4	Erstellen von CNC-Programmen . . . . .	249
	Welle-Nabe-Verbindungen . . . . .	182	6.7.5	Zyklen und Unterprogramme . . . . .	252
5.6	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen . . . . .	184	6.7.6	Programmieren von NC-Drehmaschinen . . . . .	252
	Reibung und Schmierstoffe . . . . .	184	6.7.7	Programmieren von NC-Fräsmaschinen . . . . .	255
	Gleitlager . . . . .	185	6.7.8	Programmierverfahren . . . . .	255
	Wälzlager . . . . .	187	<b>Testfragen zur Automatisierungstechnik</b> . . . . .	257	
	Magnetlager . . . . .	190			
	Führungen . . . . .	191			
	Dichtungen . . . . .	193			
	Federn . . . . .	194			
5.7	Funktionseinheiten zur Energieübertragung . . . . .	195			
	Wellen und Achsen . . . . .	195			
	Kupplungen . . . . .	196			
	Riementriebe, Kettentreibe . . . . .	198			
	Zahnradtriebe . . . . .	200			
5.8	Antriebseinheiten . . . . .	202			
	Elektromotoren . . . . .	202			
	Getriebe . . . . .	204			
	Antriebe für geradlinige Bewegungen . . . . .	207			
5.9	Montagetechnik . . . . .	208			
5.10	Instandhaltung . . . . .	210			
5.11	Schadensanalyse . . . . .	213			
5.12	Beanspruchung und Festigkeit der Bauelemente . . . . .	214			
	<b>Testfragen zur Maschinen- und Gerätetechnik</b> . . . . .	215			

I

II

III

IV

V

VI

<b>7</b>	<b>Informationstechnik</b>	<b>267</b>
7.1	Technische Kommunikation . . . . .	267
7.2	Computertechnik . . . . .	268
	<b>Testfragen zur Informationstechnik</b> . . . . .	272
<b>8</b>	<b>Elektrotechnik</b>	<b>274</b>
8.1	Der elektrische Stromkreis . . . . .	274
8.2	Schaltung von Widerständen . . . . .	274
8.3	Stromarten . . . . .	278
8.4	Elektrische Leistung und Arbeit . . . . .	278
8.5	Überstrom-Schutzeinrichtungen . . . . .	279
8.6	Fehler an elektrischen Anlagen und Schutzmaßnahmen . . . . .	279
	<b>Testfragen zur Elektrotechnik</b> . . . . .	281

## Teil II Aufgaben zur Technischen Mathematik

283

<b>1</b>	<b>Grundlagen der technischen Mathematik</b> . . . . .	283
1.1	Dreisatz-, Prozent- und Zinsrechnen . . . . .	283
1.2	Umstellen von Gleichungen . . . . .	284
<b>2</b>	<b>Physikalisch-technische Berechnungen</b> . . . . .	284
2.1	Umrechnen von Größen . . . . .	284
2.2	Längen und Flächen . . . . .	284
2.3	Körpervolumen, Dichte, Masse . . . . .	286
2.4	Geradlinige und kreisförmige Bewegungen . . . . .	287
2.5	Kräfte, Drehmomente . . . . .	288
2.6	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad . . . . .	289
2.7	Einfache Maschinen . . . . .	289
2.8	Reibung . . . . .	290
2.9	Druck, Auftrieb, Gasinhalt . . . . .	290
2.10	Wärmeausdehnung, Wärmemenge . . . . .	290
<b>3</b>	<b>Festigkeitsberechnungen</b> . . . . .	291
<b>4</b>	<b>Berechnungen zur Fertigungstechnik</b> . . . . .	293
4.1	Maßtoleranzen und Passungen . . . . .	293
4.2	Umformen . . . . .	293
4.3	Schneiden . . . . .	294
4.4	Schnittgeschwindigkeiten und Drehzahlen beim Spanen . . . . .	295
4.5	Schnittkräfte, Leistung beim Zerspanen . . . . .	295

4.6	Kegeldrehen . . . . .	296	<b>6</b>	Berechnungen zur Hydraulik und Pneumatik . . . . .	302
4.7	Teilen mit dem Teilkopf . . . . .	297	<b>7</b>	Berechnungen zur CNC-Technik . . . . .	302
4.8	Hauptnutzungszeit, Kostenberechnung . . . . .	298	<b>8</b>	Berechnungen zur Elektrotechnik . . . . .	303
<b>5</b>	<b>Berechnungen an Maschinenelementen</b> . . . . .	299		<i>Testaufgaben zur technischen Mathematik</i> . . . . .	304
5.1	Gewinde . . . . .	299		<i>Tabelle: Physikalische Größen und Einheiten im Messwesen</i> . . . . .	318
5.2	Riementriebe . . . . .	299			
5.3	Zahnradtriebe . . . . .	300			
5.4	Zahnradmaße . . . . .	301			
5.5	Elektromotoren . . . . .	301			

### Teil III Aufgaben zur Technischen Kommunikation 320

<b>1</b>	Fragen zur technischen Kommunikation am Lernprojekt Laufrollenlagerung . . . . .	320	<b>2</b>	Testaufgaben zur technischen Kommunikation . . . . .	325
----------	--	-----	----------	--	-----

### Teil IV Aufgaben zur Wirtschafts- und Sozialkunde 334

<b>1</b>	Berufliche Bildung . . . . .	334	<b>4</b>	Sozialpartner im Betrieb . . . . .	349
<b>2</b>	Eigenes wirtschaftliches Handeln . . . . .	337	<b>5</b>	Arbeits- und Tarifrecht . . . . .	351
<b>3</b>	Grundlagen der Volks- und Betriebswirtschaft . . . . .	343	<b>6</b>	Betriebliche Mitbestimmung . . . . .	358
			<b>7</b>	Soziale Absicherung . . . . .	363

### Teil V Prüfungseinheiten 372

Prüfungseinheit Technologie 1, Teil 1 . . . . .	373	Prüfungseinheit Technische Mathematik 2, Teil 1	417
Prüfungseinheit Technologie 1, Teil 2 . . . . .	381	Prüfungseinheit Technische Mathematik 2, Teil 2	421
Prüfungseinheit Technologie 2, Teil 1 . . . . .	383	Prüfungseinheit Techn. Kommunikation 1, Teil 1	425
Prüfungseinheit Technologie 2, Teil 2 . . . . .	393	Prüfungseinheit Techn. Kommunikation 1, Teil 2	437
Prüfungseinheit Technologie 3, Teil 1 . . . . .	395	Integrierte Prüfungseinheit Klappbohrvorrichtung mit Fragen zur Technologie, technischen Mathematik und Kommunikation . . . . .	441
Prüfungseinheit Technologie 3, Teil 2 . . . . .	401	Prüfungseinheit Wirtschafts- und Sozialkunde 1, Teil 1 . . . . .	449
Prüfungseinheit Technologie 4, Teil 1 . . . . .	403	Prüfungseinheit Wirtschafts- und Sozialkunde 1, Teil 2 . . . . .	453
Prüfungseinheit Technologie 4, Teil 2 . . . . .	409		
Prüfungseinheit Technische Mathematik 1, Teil 1 . . . . .	411		
Prüfungseinheit Technische Mathematik 1, Teil 2 . . . . .	415		

### Teil VI Lösungen 455

<b>1</b>	Lösungen der Testaufgaben	455	<b>2</b>	Lösungen der Prüfungseinheiten	459
	Testaufgaben zu Teil I Technologie . . . . .	455		Prüfungseinheiten Technologie . . . . .	459
	Testaufgaben zu Teil II Technische Mathematik . . . . .	457		Prüfungseinheiten Technische Mathematik . . . . .	467
	Testaufgaben zu Teil III Technische Kommunikation . . . . .	458		Prüfungseinheiten Technische Kommunikation . . . . .	471
	Testaufgaben zu Teil IV Wirtschafts- und Sozialkunde . . . . .	458		Integrierte Prüfungseinheit . . . . .	473
				Prüfungseinheiten Wirtschafts- und Sozialkunde . . . . .	480

**Bewertungsrichtlinien für die Prüfungseinheiten:** hintere, innere Umschlagseite

## Teil I Aufgaben zur Technologie

### 1 Längenprüftechnik

#### 1.1 Größen und Einheiten

##### Fragen zu Größen und Einheiten

###### 1 Welche Basisgrößen sind im Internationalen Einheitensystem festgelegt?

Im Internationalen Einheitensystem SI (System International) sind folgende Basisgrößen festgelegt:

- die Länge  $l$
- die Masse  $m$
- die Zeit  $t$
- die thermodynamische Temperatur  $T$
- die elektrische Stromstärke  $I$
- die Lichtstärke  $I_v$

###### 2 Welches ist die Basiseinheit der Länge?

Die Basiseinheit der Länge ist das Meter (m).

Ein Meter ist die Länge des Weges, den das Licht im luftleeren Raum in einer 299 729 458stel Sekunde durchläuft.

###### 3 Welche Bedeutung hat der Vorsatz „Mikro“ vor dem Namen der Einheit?

„Mikro“ bedeutet Millionstel.

So ist z.B. 1 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) der millionste Teil eines Metres.

Weitere Vorsätze für physikalische Einheiten sind:

Vorsatz	Faktor
M Mega	millionenfach $10^6 = 1\,000\,000$
k Kilo	tausendfach $10^3 = 1\,000$
h Hekto	hundertfach $10^2 = 100$
da Deka	zehnfach $10^1 = 10$
d Dezi	Zehntel $10^{-1} = 0,1$
c Zenti	Hundertstel $10^{-2} = 0,01$
m Milli	Tausendstel $10^{-3} = 0,001$
$\mu$ Mikro	Millionstel $10^{-6} = 0,000\,001$

###### 4 Was gibt die Masse eines Körpers an?

Die Masse eines Körpers gibt seine Materiemenge an.

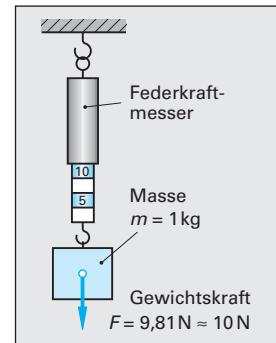
Die Masse eines Körpers ist unabhängig vom Ort, an dem sich der Körper befindet.

###### 5 Welche Basiseinheit hat die Masse?

Die Basiseinheit der Masse ist das Kilogramm (kg).

###### 6 Wie groß ist die Gewichtskraft eines Körpers mit der Masse 1 kg?

Ein Körper mit der Masse 1 kg hat die Gewichtskraft 9,81 Newton (9,81 N).



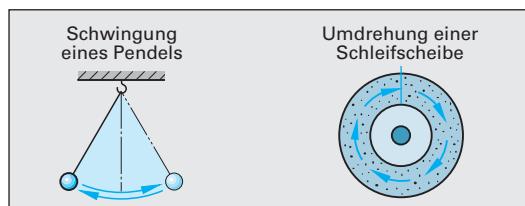
###### 7 Welches ist die gebräuchlichste Temperatureinheit?

Die gebräuchlichste Einheit der Temperatur ist das Grad Celsius ( $^\circ\text{C}$ ).

###### 8 Was versteht man unter der Periodendauer?

Unter Periodendauer versteht man die Zeitspanne eines regelmäßig sich wiederholenden Vorgangs.

Beispiel: Die Schwingungsdauer eines Pendels oder die Umdrehung einer Schleifscheibe sind Vorgänge mit Periodendauer.



###### 9 Was versteht man unter der Frequenz und in welcher Einheit wird sie angegeben?

Die Frequenz gibt an, wie viele regelmäßig sich wiederholende Vorgänge in der Sekunde stattfinden. Die Basiseinheit ist 1/Sekunde (1/s) oder Hertz (Hz). 1/s = 1 Hz

Die Umdrehungsfrequenz  $n$  (auch Drehzahl genannt) ist die Anzahl der Umdrehungen je Sekunde oder Minute.

## 1.2 Grundlagen der Messtechnik

### Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 17

#### 1 Wie wirken sich systematische und zufällige Messergebnisse auf das Messergebnis aus?

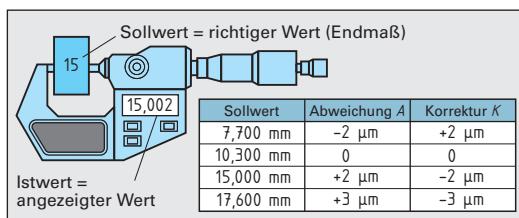
Systematische Abweichungen machen den Messwert unrichtig, d.h. sie weichen in einer Richtung vom richtigen Messwert ab.

Zufällige Abweichungen machen den Messwert unsicher, d.h. sie schwanken um den richtigen Wert.

Systematische Messabweichungen können ausgeglichen werden, wenn Größe und Richtung bekannt sind. Zufällige Abweichungen sind nicht ausgleichbar.

#### 2 Wie kann man systematische Messabweichungen einer Messschraube ermitteln?

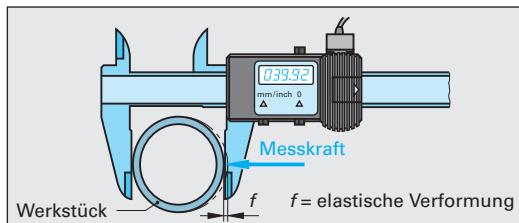
Die systematische Messabweichung einer Messschraube wird ermittelt, indem man Endmaße mit der Messschraube misst und die Abweichungen der Anzeige mit dem richtigen Wert der Endmaße vergleicht.



Die Differenz vom angezeigten Wert und dem Endmaßwert ist die systematische Abweichung A.

#### 3 Warum ist das Messen dünnwandiger Werkstücke problematisch?

Dünnwandige Werkstücke werden beim Messen durch die Messkraft elastisch verformt. Der angezeigte Messwert ist kleiner als das tatsächliche Werkstückmaß.



#### 4 Warum können durch das Abweichen von der Bezugstemperatur bei Messgeräten und Werkstücken Messabweichungen entstehen?

Wenn Messgerät und Werkstücke aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen, führen Abweichungen von der Bezugstemperatur wegen der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten zu Messabweichungen.

Bei der Bezugstemperatur von 20 °C sollen alle Messgeräte, Lehren und die Werkstücke in der vorgeschriebenen Toleranz liegen.

#### 5 Worauf können systematische Abweichungen bei Messschrauben voraussichtlich zurückgeführt werden?

Systematische Abweichungen bei Messschrauben werden z.B. durch zu große Messkraft, durch Abweichungen der Gewindesteigung, durch gleichbleibende Abweichungen von der Bezugstemperatur und durch Abnutzung der Messflächen verursacht.

Die zufälligen Abweichungen, die z.B. durch Schmutz, einen Grat oder Schwankungen der Messkraft entstehen, können in ihrer Größe und Richtung nicht erfasst werden.

#### 6 Warum wird beim Messen in der Werkstatt der angezeigte Messwert als Messergebnis angesehen, während im Messlabor oft der angezeigte Wert korrigiert wird?

Werkstattmessgeräte werden so ausgewählt, dass im Verhältnis zur Werkstücktoleranz die Messabweichungen vernachlässigbar sind. Im Messlabor müssen bei der Überwachung (Kalibrierung) von Messgeräten die systematischen Abweichungen korrigiert und die zufälligen Abweichungen so klein wie möglich gehalten werden.

#### 7 Welche Vorteile hat die Unterschiedsmessung und Nulleinstellung bei Messuhren?

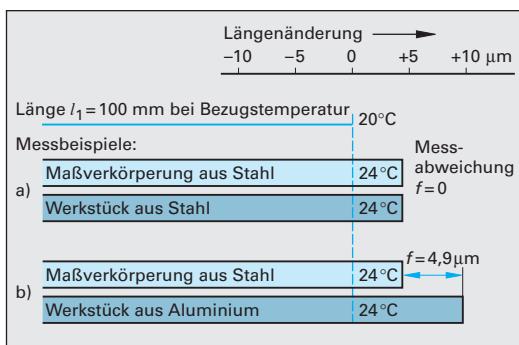
Wenn die Messuhr mit einem Endmaß, dessen Nennmaß möglichst nahe bei der zu prüfenden Messgröße liegt, auf Null gestellt wird, werden systematische Messabweichungen durch die Temperatur, die Maßverkörperung im Messgerät und die Messkraft (beim Messen mit Stativen) stark verkleinert.

Die Messabweichung ist deshalb sehr klein.

## 8 Warum ist bei Aluminiumwerkstücken die Abweichung von der Bezugstemperatur mess-technisch besonders problematisch?

Aluminium hat gegenüber Stahl, aus dem die Maßverkörperungen z.B. von Messschiebern und Messschrauben bestehen, einen größeren Längenausdehnungskoeffizienten. Dies bedeutet, dass sich die Maße von Werkstück und Maßverkörperung unterschiedlich ändern, wenn die Bezugstemperatur nicht eingehalten wird.

Beim Messen von Werkstücken aus Stahl ist die Abweichung von der Bezugstemperatur weniger problematisch: Werkstück und Messgerät besitzen etwa den gleichen Längenausdehnungskoeffizienten. Deshalb ist die Messabweichung minimal.



## 9 Wie groß ist etwa die Längenänderung eines Parallelendmaßes ( $l = 100 \text{ mm}$ , $\alpha = 0,000\,016 \text{ } 1/\text{ }^\circ\text{C}$ ), wenn es durch Handwärme von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $25 \text{ }^\circ\text{C}$ erwärmt wird?

Die Längenänderung beträgt

$$\Delta l = l_1 \cdot \alpha \cdot \Delta t; \quad \Delta t = 25 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta l = 100 \text{ mm} \cdot 0,000\,016 \text{ } 1/\text{ }^\circ\text{C} \cdot 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta l = 0,008 \text{ mm} = 8 \mu\text{m}$$

## 10 Wie viel Prozent der Werkstücktoleranz darf die Messunsicherheit $U$ höchstens betragen, damit sie beim Prüfen vernachlässigt werden kann?

Die Messunsicherheit darf höchstens 10% der Maß- oder Formtoleranz betragen.

Messverfahren mit einer wesentlich kleineren Unsicherheit sind unnötig teuer. Eine größere Messunsicherheit würde dazu führen, dass zu viele Werkstücke nicht mehr eindeutig als „Guteil“ oder „Ausschuss“ zu erkennen wären, wenn die Maße im Bereich der Toleranzgrenzen liegen.

## 11 Welche Messunsicherheit $U$ ist bei einer mechanischen Messuhr ( $\text{Skw} = 0,01 \text{ mm}$ ) zu erwarten?

Die Messunsicherheit beträgt bei Messgeräten mit Skalenanzeige 1 Skalenteilungswert, entsprechend  $0,01 \text{ mm}$ .

Diese Messunsicherheit gilt nur, wenn die Messuhr kalibriert ist, normale werkstattübliche Messbedingungen vorliegen und ein qualifizierter Prüfer die Messung ausführt.

## Ergänzende Fragen zu Grundlagen der Längenprüftechnik

### 12 Was versteht man unter Prüfen?

Durch Prüfen kann man feststellen, ob ein Prüfgegenstand den geforderten Maßen und geometrischen Formen entspricht.

Prüfen wird unterteilt in Messen und Lehren.

### 13 Werkstückmaße können durch Messen oder Lehren geprüft werden. Worin besteht der Unterschied?

Messen ist das Vergleichen einer Messgröße, z.B. einer Länge oder eines Winkels, mit einem Messgerät. Lehren ist das Vergleichen einer Form oder Länge mit einer Lehre.

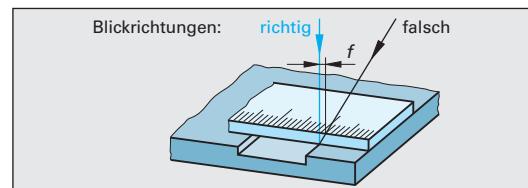
### 14 Was versteht man unter der Messunsicherheit?

Als Messunsicherheit bezeichnet man zufällige und nicht erfassbare systematische Abweichungen.

Bei Werkstattmessungen mit richtig ausgewählten und geprüften Messgeräten bleiben die Abweichungen innerhalb der zulässigen Grenzen.

### 15 Wie entstehen Messabweichungen durch Parallaxe beim Ablesen eines Messschiebers?

Messabweichungen durch Parallaxe entstehen, wenn der Beobachter unter schrägem Blickwinkel abliest.



### 1.3 Längenprüfmittel

#### Maßstäbe, Lineale, Winkel, Lehren

#### Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 19

##### 1 Warum haben Haarlineale und Haarwinkel geläpppte Prüfschneiden?

Die Prüfschneiden von Haarlinealen und Haarwinkeln müssen eine besonders hohe Geradheit besitzen, die durch Läppen am besten zu fertigen ist.

##### 2 Warum eignet sich das Prüfen mit Lehren nicht zur Qualitätslenkung, z.B. beim Drehen?

Zur Qualitätslenkung benötigt man Prüfmittel, die Messwerte liefern. Durch die Lage der Messwerte innerhalb der Toleranz lässt sich der Fertigungsprozess steuern.

Lehren ergibt keine Messwerte. Das Prüfergebnis ist Gut oder Ausschuss.

##### 3 Warum entspricht eine Grenzrachenlehre nicht dem Taylorschen Grundsatz?

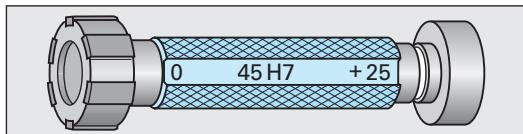
Nach dem Taylorschen Grundsatz soll die Gutseite der Lehre so ausgebildet sein, dass Maß und Form des Prüfstücks geprüft werden können.

Mit der Grenzrachenlehre kann nur das Maß, nicht aber die Form geprüft werden.

##### 4 Woran erkennt man die Ausschusseite eines Grenzlehrdornes?

Die Ausschusseite eines Grenzlehrdornes erkennt man an der roten Farbkennzeichnung, am kurzen Prüfzylinder und am eingravierten oberen Grenzabmaß.

Die Ausschusseite ist außerdem mit dem Wort „Ausschuss“ gekennzeichnet.



##### 5 Warum verschleißt die Gutseite einer Grenzlehre schneller als die Ausschusseite?

Die Gutseite gleitet bei jeder Prüfung über die Messflächen des Werkstücks, die Ausschusseite lediglich bei Ausschussteilen.

#### Endmaße, Messschieber und Messschrauben

#### Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 24

##### 1 Aus welchen Endmaßen lässt sich das Maß 97,634 mm zusammensetzen?

Das Maß 97,634 mm wird aus folgenden Endmaßen zusammengesetzt:

1,004 mm + 1,030 mm + 1,600 mm + 4 mm + 90 mm.

Man beginnt mit der letzten Ziffer des Maßes, d.h. mit dem kleinsten Endmaß.

##### 2 Worin unterscheiden sich Parallelendmaße der Toleranzklasse „K“ und „0“?

Die Toleranzen der Endmaße sind beim Genauigkeitsgrad „K“ kleiner.

Endmaße mit dem Genauigkeitsgrad „K“ werden zum Kalibrieren anderer Endmaße, solche mit dem Genauigkeitsgrad „0“ zum Kalibrieren von Messgeräten verwendet.

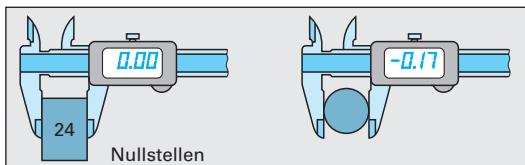
##### 3 Warum dürfen Stahlendmaße nicht tagelang angesprengt bleiben?

Es besteht die Gefahr, dass sie kalt verschweißen. Stahlendmaße sollten höchstens 8 Stunden angesprengt bleiben.

##### 4 Welchen Vorteil hat das Nullstellen der Anzeige bei elektronischen Messschiebern?

Durch das Nullstellen der Anzeige an beliebiger Stelle werden viele Messungen einfacher.

Die Differenz der Messgröße zu einem bekannten Einstellwert oder der Unterschied zwischen zwei Messwerten muss nicht mehr berechnet werden; er wird direkt angezeigt.



##### 5 Warum sollte man die Messspindel einer Messschraube nicht zu schnell an das Werkstück herandrehen?

Durch zu schnelles Herandrehen wird das Messergebnis verfälscht.

## Ergänzende Fragen zu Endmaßen, Messschiebern und Messschrauben

### 6 Welche Vorteile haben Endmaße aus Keramik?

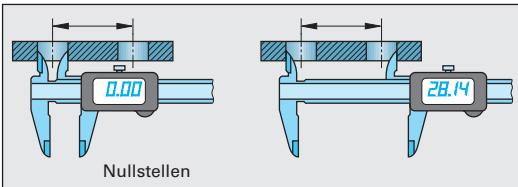
Endmaße aus Keramik besitzen eine stahlähnliche Wärmedehnung und eine hohe Verschleißfestigkeit. Sie sind korrosionsbeständig, benötigen keine besondere Pflege und verschweißen nicht.

### 7 Welchen Vorteil haben Messschieber mit Rundskale?

Die Anzeige auf der Rundskale kann im Vergleich zur Noniusanzeige schneller und sicherer abgelesen werden.

Die Grobanzeige der Schieberstellung erfolgt am Lineal, die Feinanzeige an der Rundskale.

### 8 Mit einem digital anzeigenden Messschieber sollen Abstände von Bohrungen mit gleichem Durchmesser gemessen werden. Welcher Messvorgang ist am zweckmäßigsten?



Zunächst wird der Durchmesser einer Bohrung gemessen und die Anzeige auf Null gestellt. Anschließend wird der größte Abstand der Bohrungen gemessen.

### 9 Welche Eigenschaften besitzen Endmaße aus Hartmetall?

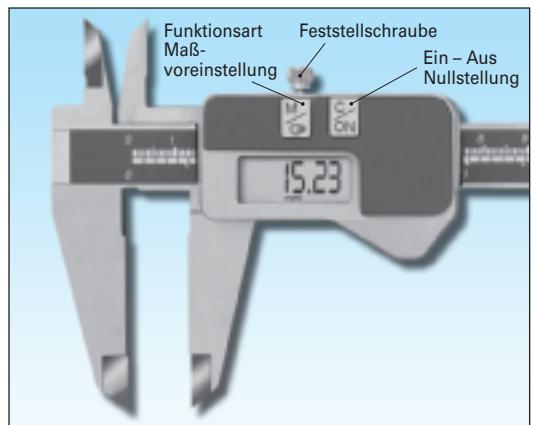
Endmaße aus Hartmetall haben einen 20fach höheren Verschleißwiderstand und eine um 50% geringere Wärmedehnung als Stahlendmaße.

### 10 Welche Messungen können mit Messschiebern durchgeführt werden?

Mit Messschiebern können Innen-, Außen- und Tiefenmessungen durchgeführt werden.

Der Messschieber ist wegen der vielseitigen Messmöglichkeiten und der einfachen Handhabung das wichtigste Messgerät in Metall verarbeitenden Betrieben.

### 11 Welche Vorteile besitzen Messschieber mit elektronischer Ziffernanzeige?



Messschieber mit elektronischer Ziffernanzeige zeigen die Messwerte durch Leuchtziffern an. Dadurch werden Ablesefehler vermieden.

Durch Tasten lassen sich außerdem die Anzeige auf Null stellen und Messwerte speichern.

### 12 Wie können Messabweichungen beim Messen mit Bügelmessschrauben entstehen?

Messabweichungen können durch Fehler entstehen, die im Messgerät ihre Ursache haben, wie z.B. Steigungsfehler und Spiel in der Messspindel, Unparallelität und Unebenheit der Messflächen. Weitere Ursachen sind Fehler in der Anwendung, z.B. Verkanten des Werkstücks, Aufbiegen des Bügels durch zu hohe Messkraft, Abweichen von der Bezugstemperatur, Schmutz oder Grat am Werkstück sowie Ablesefehler.

### 13 Welche Arbeitsregeln gelten für das Messen mit Messschiebern?

Für das Messen mit Messschiebern gelten folgende Arbeitsregeln:

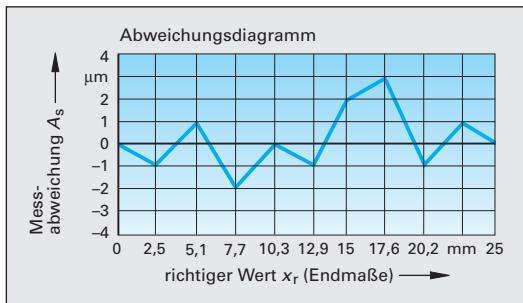
- Die Mess- und Prüfflächen sollen sauber und grarfrei sein.
- Ist die Ablesung an der Messstelle erschwert, klemmt man den Schieber fest und zieht den Messschieber vorsichtig ab.
- Messabweichungen durch Temperatureinflüsse, zu hohe Messkraft (Kippfehler) und schräges Ansetzen des Messschiebers sollten vermieden werden.

### 14 Welche Aufgabe hat die Kupplung der Messschraube?

Die Kupplung der Messschraube begrenzt die Messkraft auf 5 bis 10 N.

Infolge der geringen Steigung der Messspindel wird die Drehkraft verstärkt, sodass ohne Kupplung sehr große Messkräfte wirksam würden.

### 15 Wie kann das Abweichungsdiagramm einer Bügelmessschraube ermittelt werden?



Das Abweichungsdiagramm wird durch Prüfung der systematischen Abweichungen im ganzen Messbereich ermittelt. Dabei werden die Abweichungen der Anzeige von den z.B. durch Endmaße vorgegebenen Sollwerten ermittelt und in ein Diagramm übertragen.

Die Sollwerte sind so zu wählen, dass die Messspindel bei verschiedenen Drehwinkeln geprüft wird.

### 16 Eine Bügelmessschraube mit dem Messbereich bis 25 mm zeigt den Messwert 17,60 mm an. Aus dem Abweichungsdiagramm (Aufgabe 15) ist die Abweichung von der Anzeige zu entnehmen und das richtige Maß des Werkstückes anzugeben.

Beim Messwert 17,60 mm weicht die Anzeige um  $+3 \mu\text{m}$  vom Sollwert ab. Damit beträgt das Werkstückmaß 17,597 mm.

Um das Werkstückmaß zu erhalten, müssen positive Abweichungen vom Messwert subtrahiert, negative Abweichungen zum Messwert addiert werden.

### 17 Aus welchen wesentlichen Teilen besteht die Bügelmessschraube?

Wesentliche Teile sind Bügel mit Amboss, Skalenhülse, Messspindel, Skalentrommel und Kupplung.

Damit die Messkraft einen bestimmten Wert nicht überschreitet, besitzen Messschrauben eine Kupplung.

**Innenmessgeräte, Messuhren, Fühlhebelmessgeräte, Feinzeiger**

### Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 28

#### 1 Warum kann mit Innenmessschrauben mit 3-Linien-Berührung präziser gemessen werden als mit 2-Punkt-Berührung?

Innenmessgeräte mit 3-Linien-Berührung zentrieren sich selbst und richten sich in der Bohrung aus.

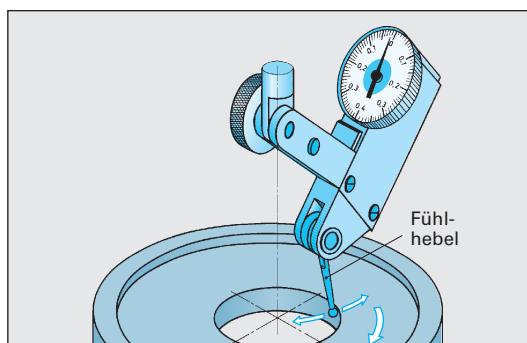
Bei Innenmessgeräten mit 2-Punkt-Berührung muss die Ausrichtung senkrecht zur Mittellinie der Bohrung durch eine Pendelbewegung gefunden werden.

#### 2 Warum soll mit Messuhren nur in einer Bewegungsrichtung des Messbolzens gemessen werden?

Die mechanische Übersetzung der Messbolzenbewegung verursacht eine Reibung, die bei hineingehendem Messbolzen größer ist und dadurch die Messkraft erhöht. Aus diesem Grund werden bei hineingehendem und herausgehendem Messbolzen unterschiedliche Werte angezeigt.

#### 3 Warum eignen sich Fühlhebelmessgeräte gut zum Zentrieren und zur Rundlaufprüfung von Bohrungen?

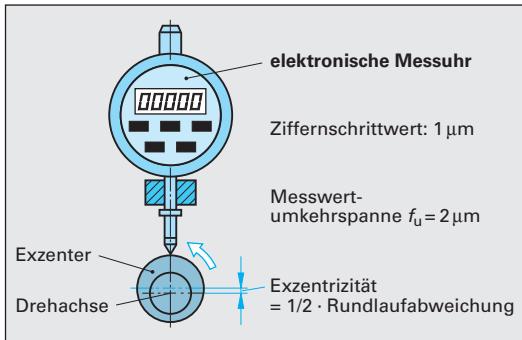
Fühlhebelmessgeräte besitzen einen schwenkbaren Taster, der leicht an schwer zugänglichen Messstellen positioniert werden kann.



#### 4 Warum sind bei Rundheits- und Rundlaufprüfungen Feinzeiger günstiger als Messuhren?

Mit Feinzeigern sind Rundheits- und Rundlaufabweichungen genauer feststellbar als mit Messuhren.

- 5 Eine elektronische Messuhr zeigt bei einer Rundlaufprüfung den Höchstwert  $+12 \mu\text{m}$  und den Kleinstwert  $-2 \mu\text{m}$  an.  
Wie groß ist die Rundlaufabweichung?  
( $f_L = M_{w\max} - M_{w\min}$ )**



$$f_L = M_{w\max} - M_{w\min} = 12 \mu\text{m} - (-2 \mu\text{m}) = 14 \mu\text{m}$$

### Ergänzende Fragen zu Messuhren und Feinzeigern

- 6 Mit einer Messuhr soll das Werkstückmaß 30 mm geprüft werden. Wie wird die Messung durchgeführt?**

Das Werkstückmaß wird mit Hilfe eines Endmaßes eingestellt. Dabei wird die Messuhr auf Null gestellt. Beim Prüfen der Werkstücke kann der Maßunterschied zum eingestellten Maß direkt abgelesen werden.

Im Gegensatz zur Absolutmessung treten bei der Unterschiedsmessung durch den kleinen Messbolzenweg auch kleinere Messabweichungen auf.

- 7 Wie wird bei Messuhren der Messbolzenweg in eine drehende Bewegung umgewandelt und vergrößert?**

Die Umwandlung der Bewegung erfolgt durch Zahnstange und Zahnrad, die Vergrößerung durch ein Zahnradgetriebe.

- 8 Welches sind die genauesten mechanischen Längenmessgeräte?**

Die genauesten mechanischen Längenmessgeräte sind die Feinzeiger (Feintaster) mit einem Skalenteilungswert von meist  $1 \mu\text{m}$ .

Feinzeiger besitzen ein Hebelsystem, das über Zahnradsegmente und Ritzel die Messbolzenbewegung auf den Zeiger überträgt.

### Pneumatische, elektronische und optoelektronische Messgeräte, Multisensorstechnik in Koordinatenmessgeräten

#### Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 35

- 1 Welche Vorteile haben pneumatische Messungen?**

Die Vorteile pneumatischer Messungen sind:

- Die Messkraft durch die Druckluft ist meist vernachlässigbar klein
- Sicherer und schnelles Messen mit hoher Wiederholgenauigkeit
- Die Druckluft reinigt die Messstellen von anhaftenden Kühlschmierstoffen, Öl oder Lappaste.

- 2 Warum wirken sich bei der Dickenmessung mit induktiven Messtastern Formabweichungen des Werkstücks nicht aus?**

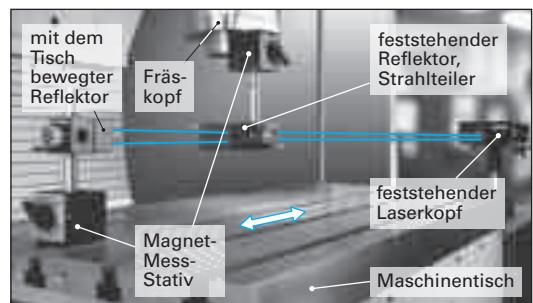
Zur Dickenmessung werden zwei Messtaster verwendet, zwischen denen sich z.B. das zu messende Blech befindet. Infolge der nur punktartigen Berührung der Messtaster an der Messstelle haben Formabweichungen keinen Einfluss auf den Messwert.

- 3 Warum können mit Wellenmessgeräten Durchmesser genauer gemessen werden als Längen?**

Das Messen von Durchmessern ist genauer, weil das Messergebnis nicht durch die Bewegung des Messschlittens beeinflusst wird.

- 4 Mit welchem Messgerät kann die Positionsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen geprüft werden?**

Die Positionsgenauigkeit wird mit dem Laser-Interferometer geprüft.



## 5 Welche Vorteile haben optische Formmessungen auf Koordinatenmessgeräten gegenüber den berührenden (taktilem) Tastsystemen?

Optische Sensoren tasten in der gleichen Zeit 20mal mehr Punkte an als berührende (taktile) Taster.

Das optisch erfasste Bild wird in Form digitalisierter Bildpunkte (Pixel) im Bildspeicher abgelegt.

## 6 Welche Vorteile hat das Scannen gegenüber der Einzelpunktmessung?

Beim Scannen kann die Oberfläche des Messobjektes viel schneller erfasst werden, weil je Sekunde bis zu 200 Messpunkte ertastet werden können.

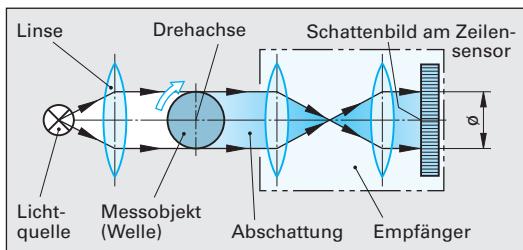
Die Genauigkeit von Formprüfungen nimmt beim Scannen mit der Punktdichte zu.

## Ergänzende Fragen zu elektronischen und optoelektronischen Messgeräten und Multisensorteknik in Koordinatenmessgeräten

## 7 Wie wird bei der optoelektronischen Längenmessung der Prüfgegenstand erfasst?

Bei der optoelektronischen Längenmessung wird der Prüfgegenstand mit Lichtstrahlen berührungslos erfasst.

Beispiel: Optoelektronische Wellenmessgeräte erfassen nach dem Schattenbildverfahren Profile von Rundteilen (Bild). Durch die parallelen Lichtstrahlen entsteht am Empfänger ein Schattenbild, dessen Maße dem Werkstück entsprechen.



## 8 Welche Antastmöglichkeiten gibt es bei vertikalen Längenmessgeräten?

Das Antasten kann durch starres Antasten, durch dynamisches Antasten sowie durch messendes Antasten erfolgen.

Vertikale Längenmesser sind durch das eingebaute Wegmesssystem ihrer Funktion nach Einkoordinaten-Messgeräte.

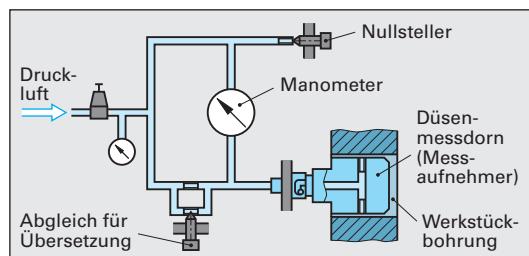
## 9 Welche Vorteile haben Koordinatenmessgeräte?

Im Vergleich zu konventionellen Prüfverfahren entfällt bei Koordinatenmessgeräten das Ausrichten der Werkstücke. Gekrümmte Flächen können formgeprüft werden. Der Messablauf kann bei Koordinatenmessgeräten automatisiert werden.

Mit Messprogrammen kann die Werkstücklage durch An-tasten weniger Punkte ermittelt und im Rechner gespeichert werden.

## 10 Wie arbeiten pneumatische Messgeräte?

Pneumatische Messgeräte erfassen Druck- oder Durchflussänderungen in Abhängigkeit vom Strömungswiderstand an der Messdüse.



Durch einen veränderten Staudruck am Messwertaufnehmer, hervorgerufen durch Maßabweichungen, wird am Manometer eine Druckdifferenz bzw. an einem Durchflussmessgerät eine Änderung der durchströmenden Luftmenge angezeigt.

## 11 Welche Vorteile besitzen Messgeräte mit induktivem Messsystem?

Die elektronische Längenmessung mit induktiven Messtastern weist folgende Vorteile auf:

- hohe Empfindlichkeit
- relativ großer Anzeigebereich
- kleine Messabweichung
- die kleinen Messtaster können nahe beieinander an schwer zugänglichen Stellen eingebaut werden
- Möglichkeit, zwei Messwerte durch Summen- oder Differenzbildung miteinander zu vergleichen
- Verwendung des Messsignals zum Sortieren, Klassieren und Protokollieren

## 12 Welches sind die wichtigsten Bauteile bei Messgeräten mit optoelektronischen Messsystemen?

Die wichtigsten Bauteile sind der Glasmaßstab mit inkrementaler Teilung und der Messkopf.

Der Messkopf misst durch Zählen der Einzelsignale den Verfahrweg.

## 1.4 Oberflächenprüfung

### Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 39

#### 1 Wie kann die Rauheit durch Tast- oder Sichtvergleich geschätzt werden?

Beim Schätzen der Rauheit werden Oberflächen-Vergleichsmuster verwendet.

Voraussetzung für die Vergleichbarkeit der Werkstückoberfläche mit dem Vergleichsmuster sind gleiche Werkstoffe und ein gleiches Fertigungsverfahren, z.B. Drehen.

#### 2 Warum wird bei Rautiefen $Rz < 3 \mu\text{m}$ eine dünne Tastspitze mit einem Spitzenradius von $2 \mu\text{m}$ empfohlen?

Mit dem Spitzenradius von  $2 \mu\text{m}$  können kleine Profiltäler besser ertastet werden.

Die ideale Form der Tastspitze ist ein Kegel ( $60^\circ$  oder  $90^\circ$ ) mit gerundeter Spitze.

#### 3 Welche Funktionseigenschaften eines Motorzyinders können aufgrund einer Materialanteilkurve beurteilt werden?

Aufgrund der Materialanteilkurve können im Profilspitzenbereich die Einlaufzeit, im Kernbereich die Schmiergleiteigenschaft und im Riefenbereich die Speicherfähigkeit für Schmieröl beurteilt werden.

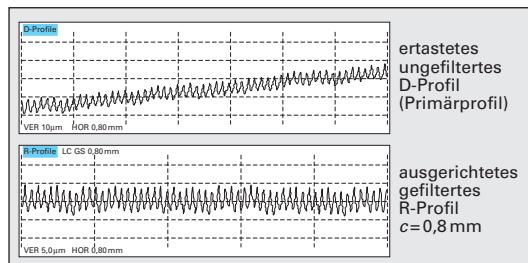
Ideal sind wenig Profilspitzen, ein großer Materialanteil im Kernbereich und ausreichend Riefen zum Speichern des Schmieröls.

#### 4 Ein Werkstück wurde mit $0,2 \text{ mm}$ Vorschub gedreht. Mit welcher Grenzwellenlänge $\lambda_c$ und mit welcher Gesamtstrecke $In$ ist die Oberfläche zu prüfen?

Grenzwellenlänge und Gesamtstrecke können Richtwerttabellen entnommen werden: In der Spalte „Rillenbreite“ (Tabelle) wird die Zeile gesucht, die den Vorschub  $0,2$  enthält. In den Spalten  $\lambda_c$  und  $In$  können die Werte abgelesen werden.

Rillenbreite <b><i>RS</i></b> mm	$Rz, R_{max}$ μm	$R_a$ μm	$\lambda_c$ mm	$Ir/In$ mm
$> 0,04 \dots 0,13$	$> 0,1 \dots 0,5$	$> 0,02 \dots 0,1$	0,25	0,25/1,25
<b><math>&gt; 0,13 \dots 0,4</math></b>	$> 0,5 \dots 10$	$> 0,1 \dots 2$	<b>0,8</b>	<b>0,8/4</b>
$> 0,4 \dots 1,3$	$> 10 \dots 50$	$> 2 \dots 10$	2,5	2,5/12,5
Tabellenwerte: $\lambda_c = 0,8 \text{ mm}$ ; $In = 4 \text{ mm}$				

#### 5 Worauf ist die leichte Schräglage des ungefilterten D-Profil im Bild zurückzuführen?



Das Profil besitzt eine Schräglage, weil über die Neigungseinstellung im Vorschubgerät die Bezugsebene parallel zur Werkstückoberfläche ausgerichtet wurde.

Bei starker Schräglage muss die Bezugsebene besser ausgerichtet werden.

#### 6 Welches Profil in der Tabelle besitzt die besten Funktionseigenschaften für ein Gleitlager?

Tabelle: Oberflächenprofile

$R_{max}$ μm	$R_z$ μm	Profilform	Materialanteilkurve Abbott-Kurve
1	1		
1	1		
1	0,4		
1	1		

Das zweite Profil von oben ist für ein Gleitlager am besten geeignet: Es besitzt nur flache Profilspitzen, einen hohen Materialanteil sowie ausreichend Riefen für die Ölaufnahme.

### Ergänzende Fragen zur Oberflächenprüfung

#### 7 Welche Ursachen können Welligkeit und Rautiefe eines Drehteils haben?

Welligkeit wird z.B. verursacht durch Schwingungen des Werkzeugs oder des Werkstücks, große Rautiefe durch die Form der Werkzeugschneide, durch große Zustellung oder großen Vorschub.

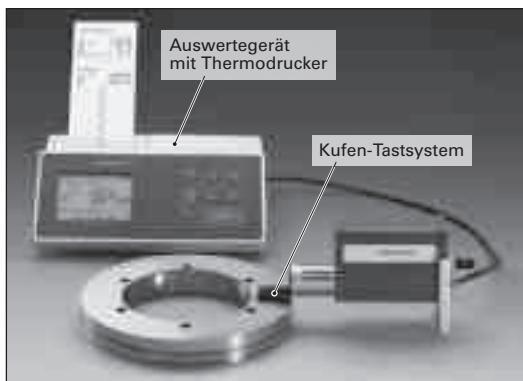
Welligkeit und Rauheit bewirken eine Abweichung des Werkstücks von der geometrisch idealen Form.

### 8 Welche Anteile des Istprofils sind beim Rauheitsprofil (R-Profil) herausgefiltert?

Beim Rauheitsprofil werden die Welligkeitsanteile herausgefiltert.

Rauheit entsteht beim Spanen durch den Vorschub und die Spanbildung.

### 9 Welches Tastsystem ist im Bild dargestellt und welche Vorteile und Nachteile hat es?



Das Bild zeigt ein tragbares Messgerät mit Kufen-Tastsystem und einem Auswertegerät mit Thermodrucker.

Das Gerät ist tragbar und somit überall einzusetzen. Nachteilig ist, dass es wegen der fehlenden mechanischen Geradführung nur die Rautiefe voll erfassst, die Welligkeit durch die Gleitkupe teilweise „ausfiltert“ und Formabweichungen nicht erfassen kann.

### 10 Welcher Oberflächenmesswert ändert sich durch einen vom Messgerät erfassten Kratzer auf einer polierten Oberfläche am meisten?

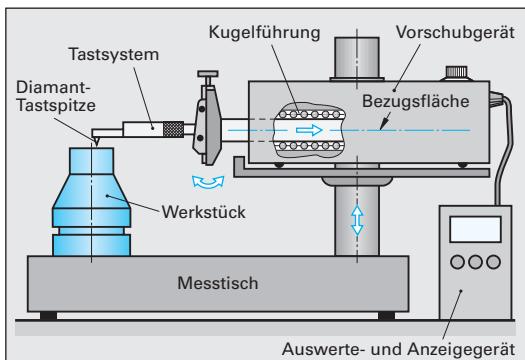
Die stärkste Veränderung durch den Kratzer erfährt der Wert  $R_{max}$ .

$R_{max}$  ist die größte Einzelrautiefe innerhalb der Gesamtstrecke.

### 11 Wie unterscheiden sich die Begriffe „wirkliche Oberfläche“ und „Istoberfläche“?

Die wirkliche Oberfläche weist fertigungsbedingte Abweichungen von der geometrisch idealen Oberfläche auf. Die Istoberfläche ist die messtechnisch erfasste Oberfläche.

### 12 Wie arbeiten Oberflächenmessgeräte nach dem Tastschnittverfahren?



Die Gestaltabweichungen der Oberfläche werden mit einer Diamantspitze erfasst.

Ein Vorschubgerät führt das Tastsystem über die Oberfläche. Dabei werden Lageänderungen der Tastspitze in elektrische Signale umgewandelt und an das Anzeigegerät oder den Profilschreiber weitergeleitet.

### 13 An welcher Stelle einer Werkstückoberfläche müssen die Rauheitskenngrößen ermittelt werden?

Die Messungen müssen an der Stelle der Oberfläche durchgeführt werden, an der die schlechtesten Messwerte zu erwarten sind.

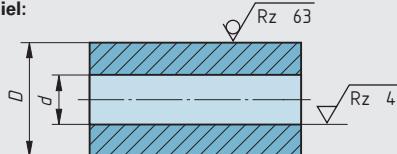
Bei periodischen Profilen, z.B. bei Drehprofilen, muss die Tastrichtung senkrecht zur Rillenrichtung gewählt werden.

Bei aperiodischen Profilen mit wechselnder Rillenrichtung, wie sie z.B. beim Schleifen oder Läppen entstehen, ist die Tastrichtung beliebig.

### 14 Wie wird die zulässige gemittelte Rautiefe nach DIN ISO 1302 in einer Zeichnung angegeben?

Unter dem Querstrich des entsprechenden Sinnbilds trägt man das Kurzzeichen und den entsprechenden Wert ein.

Beispiel:



Außendurchmesser  $D$ : spanlos hergestellte Oberfläche mit gemittelter Rautiefe kleiner oder gleich  $63 \mu\text{m}$ .

Innendurchmesser  $d$ : spanend hergestellte Oberfläche mit gemittelter Rautiefe kleiner oder gleich  $4 \mu\text{m}$ .

## 1.5 Toleranzen und Passungen

### Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 47

**1 Wie ist bei den ISO-Toleranzen die Lage der Toleranzfelder zur Nulllinie festgelegt?**

Die Lage der Toleranzfelder zur Nulllinie wird durch das Grundabmaß angegeben.

Das Grundabmaß ist das der Nulllinie am nächsten liegende Abmaß.

**2 In einer Zeichnung steht für die Maße ohne Toleranzangabe der Hinweis: ISO 2768 – f. Welche Grenzmaße darf das Nennmaß 25 haben?**

#### Allgemeintoleranzen für Längenmaße

Toleranz-klasse	Grenzabmaße in mm für Nennmaßbereich 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	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3
m mittel	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8
c grob	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
v sehr grob	–	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4

Die Grenzmaße sind 24,9 mm und 25,1 mm.

**3 Wovon hängt die Größe einer Toleranz ab?**

Die Toleranzgröße bei ISO-Toleranzangaben hängt vom Toleranzgrad und vom Nennmaß ab.

**4 Welche Passungsarten unterscheidet man?**

Man unterscheidet Spielpassungen, Übermaßpassungen und Übergangspassungen.

Bei Übergangspassungen kann Spiel oder Übermaß auftreten.

**5 Wodurch unterscheiden sich die Passungssysteme „Einheitsbohrung“ und „Einheitswelle“?**

Beim Passungssystem Einheitsbohrung werden alle Bohrungsmaße mit dem Grundabmaß H, beim Passungssystem Einheitswelle alle Wellen mit dem Grundabmaß h gefertigt.

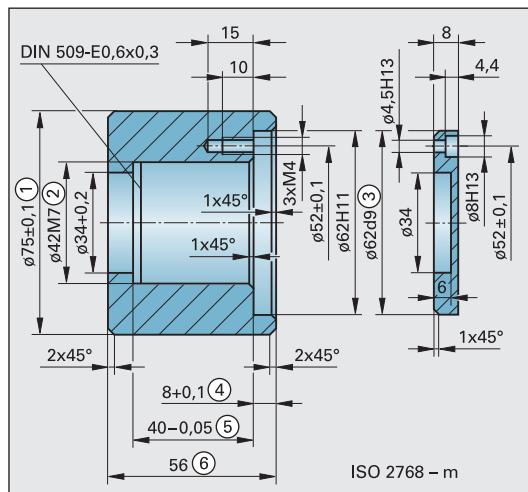
**6 In einer Gesamtzeichnung ist die Passung  $\varnothing 40H7/m6$  eingetragen. Erstellen Sie mithilfe eines Tabellenbuches eine Abmaßtabelle und berechnen Sie das Höchstspiel und das Höchstübermaß.**

Passmaß	$ES, es \mu\text{m}$	$El, ei \mu\text{m}$
$\varnothing 40H7$	+ 25	0
$\varnothing 40m6$	+ 25	+ 9

$$P_{SH} = G_{oB} - G_{oW} = 40,025 \text{ mm} - 40,009 \text{ mm} \\ = 0,016 \text{ mm}$$

$$P_{UH} = G_{uB} - G_{oW} = 40,000 \text{ mm} - 40,025 \text{ mm} \\ = -0,025 \text{ mm}$$

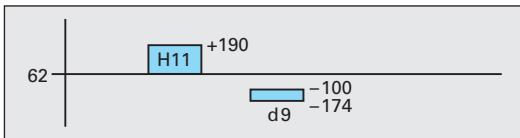
**7 Für die Laufrolle mit Lagerdeckel (Bild) sind zu bestimmen:**



**a) die Höchst- und Mindestmaße sowie die Toleranz für die sechs gekennzeichneten Maße (Bild oben).**

Nr.	Werkstückmaß	Höchstmaß	Mindestmaß	Toleranz
1	$\varnothing 75 \pm 0,1$	75,1	74,9	0,2
2	$\varnothing 42M7$	42,000	41,975	0,025
3	$\varnothing 62d9$	61,900	61,826	0,074
4	$8 + 0,1$	8,1	8,0	0,1
5	$40 - 0,05$	40,00	39,95	0,05
6	56	56,3	55,7	0,6

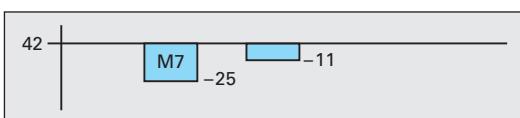
**b) das Höchst- und Mindestspiel für die Passung des Deckels in der Laufrolle**



$$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW} = 62,190 \text{ mm} - 61,826 \text{ mm} = 0,364 \text{ mm}$$

$$P_{SM} = G_{uB} - G_{oW} = 62,000 \text{ mm} - 61,900 \text{ mm} = 0,100 \text{ mm}$$

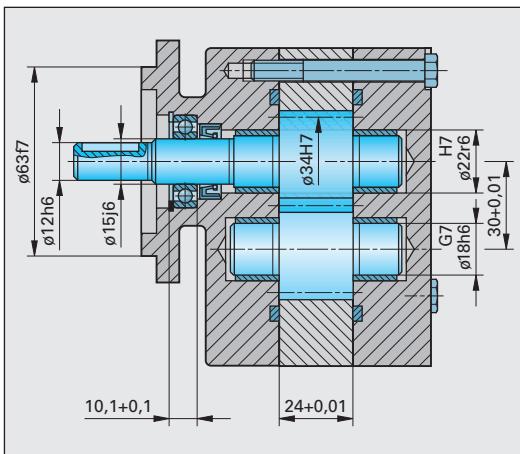
**c) das Höchstspiel und das Höchstübermaß zwischen dem Außenring des einzubauenden Wälzlagers und der Bohrung 42M7 der Laufrolle. Der Außendurchmesser des Wälzlagers ist mit 42-0,011 toleriert.**



$$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW} = 42,000 \text{ mm} - 41,989 \text{ mm} = 0,011 \text{ mm}$$

$$P_{ÜH} = G_{uB} - G_{oW} = 41,975 \text{ mm} - 42,000 \text{ mm} = -0,025 \text{ mm}$$

**8 Bei der Zahnradpumpe (Bild) sind einige der für den Zusammenbau und die Funktion notwendigen Toleranzen und Passungen eingetragen.**



Berechnen Sie die Toleranzen, die Grenzmaße sowie das Höchst- und Mindestspiel bzw. das Höchst- und Mindestübermaß für

**a)  $\varnothing 18G7$  (Gleitlager) /  $h6$  (Welle)**



**Toleranz Bohrung:**

$$T_B = ES - EI = 24 \mu\text{m} - 6 \mu\text{m} = 18 \mu\text{m}$$

**Grenzmaße Bohrung:**

$$G_{oB} = N + ES = 18 \text{ mm} + 0,024 \text{ mm} = 18,024 \text{ mm}$$

$$G_{uB} = N + EI = 18 \text{ mm} + 0,006 \text{ mm} = 18,006 \text{ mm}$$

**Toleranz Welle:**

$$T_W = es - ei = 0 - (-11 \mu\text{m}) = 11 \mu\text{m}$$

**Grenzmaße Welle:**

$$G_{oW} = N + es = 18 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 18,000 \text{ mm}$$

$$G_{uW} = N + ei = 18 \text{ mm} + (-0,011 \text{ mm}) = 17,989 \text{ mm}$$

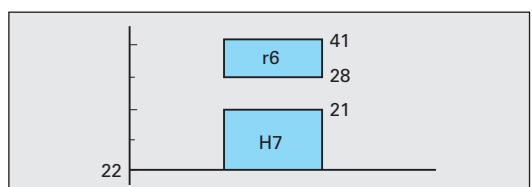
**Höchstspiel:**

$$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW} = 18,024 \text{ mm} - 17,989 \text{ mm} = 0,035 \text{ mm}$$

**Mindestspiel:**

$$P_{SM} = G_{uB} - G_{oW} = 18,006 \text{ mm} - 18 \text{ mm} = 0,006 \text{ mm}$$

**b)  $\varnothing 22H7$  (Deckel)/ $r6$  (Gleitlager)**



**Toleranz Bohrung:**

$$T_B = ES - EI = 21 \mu\text{m} - 0 \mu\text{m} = 21 \mu\text{m}$$

**Grenzmaße Bohrung:**

$$G_{oB} = N + ES = 22 \text{ mm} + 0,021 \text{ mm} = 22,021 \text{ mm}$$

$$G_{uB} = N + EI = 22 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 22,000 \text{ mm}$$

**Toleranz Welle:**

$$T_W = es - ei = -41 \mu\text{m} - 28 \mu\text{m} = 13 \mu\text{m}$$

**Grenzmaße Welle:**

$$G_{oW} = N + es = 22 \text{ mm} + 0,041 \text{ mm} = 22,041 \text{ mm}$$

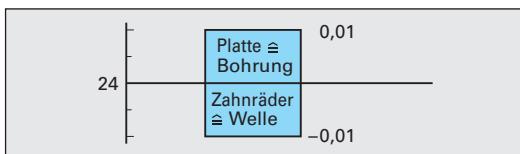
$$G_{uW} = N + ei = 22 \text{ mm} + 0,028 \text{ mm} = 22,028 \text{ mm}$$

**Höchstübermaß:**

$$P_{ÜW} = G_{uB} - G_{oW} = 22 \text{ mm} - 22,041 \text{ mm} = -0,041 \text{ mm}$$

**Mindestübermaß:**

$$P_{ÜW} = G_{oB} - G_{uW} = 22,021 \text{ mm} - 22,028 \text{ mm} = -0,007 \text{ mm}$$

c)  $24 + 0,01$  (Platte)/ $24 - 0,01$  (Zahnräder)**Toleranz Platte:**

$$T = ES - EI = 0,01 \text{ mm} - 0 \text{ mm} = 0,01 \text{ mm}$$

**Grenzmaße Platte:**

$$G_{oB} = N + ES = 24 \text{ mm} + 0,01 \text{ mm} = 24,01 \text{ mm}$$

$$G_{uB} = N + EI = 24 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 24,00 \text{ mm}$$

**Toleranz Zahnräder:**

$$T = es - ei = 0 - (-0,01 \text{ mm}) = 0,01 \text{ mm}$$

**Grenzmaße Zahnräder:**

$$G_{oW} = N + es = 24 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 24,00 \text{ mm}$$

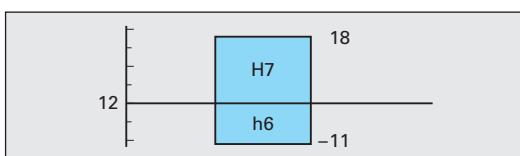
$$G_{uW} = N + ei = 24 \text{ mm} + (-0,01 \text{ mm}) = 23,99 \text{ mm}$$

**Höchstspiel:**

$$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW} = 24,01 \text{ mm} - 23,99 \text{ mm} = 0,02 \text{ mm}$$

**Mindestspiel:**

$$P_{SM} = G_{uB} - G_{oW} = 24 \text{ mm} - 24 \text{ mm} = 0$$

d)  $\varnothing 12h6$  (Welle)/ $\varnothing 12H7$  (Riemenscheibe)**Toleranz Bohrung:**

$$T = ES - EI = 18 \mu\text{m} - 0 \mu\text{m} = 18 \mu\text{m}$$

**Grenzmaße Bohrung:**

$$G_{oB} = N + ES = 12 \text{ mm} + 0,018 \text{ mm} = 12,018 \text{ mm}$$

$$G_{uB} = N + EI = 12 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 12,000 \text{ mm}$$

**Toleranz Welle:**

$$T = es - ei = 0 - (-11 \mu\text{m}) = 11 \mu\text{m}$$

**Grenzmaße Welle:**

$$G_{oW} = N + es = 12 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 12,000 \text{ mm}$$

$$G_{uW} = N + ei = 12 \text{ mm} + (-0,011 \text{ mm}) = 11,989 \text{ mm}$$

**Höchstspiel:**

$$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW} = 12,018 \text{ mm} - 11,989 \text{ mm} = 0,029 \text{ mm}$$

**Mindestspiel:**

$$P_{SM} = G_{uB} - G_{oW} = 12 \text{ mm} - 12 \text{ mm} = 0$$

**Ergänzende Fragen zu Toleranzen und Passungen**

## 9 Für welche Anwendungsgebiete werden die Toleranzgrade 5 ... 11 verwendet?

Diese Toleranzgrade werden hauptsächlich im Werkzeug-, Maschinen- und Fahrzeugbau verwendet.

## 10 Was versteht man unter Austauschbau?

Austauschbau bedeutet, dass Werkstücke unabhängig von ihrer Herstellungsart und Herstellungszeit ohne Nacharbeit ausgetauscht werden können.

## 11 Wie wird nach ISO die Lage eines Toleranzfeldes zur Nulllinie angegeben?

Die Lage des Toleranzfeldes wird durch Buchstaben angegeben. Für Bohrungen verwendet man große Buchstaben von A bis Z, für Wellen kleine Buchstaben von a bis z.

Für die Toleranzgrade 6 bis 11 wurden die Toleranzen um die Grundabmaße ZA, ZB und ZC bzw. za, zb und zc erweitert. Außerdem gibt es für alle Nennmaße Toleranzklassen, die symmetrisch zur Nulllinie liegen und mit JS bzw. js bezeichnet werden.

## 12 Wie viel Toleranzgrade werden in der ISO-Normung unterschieden?

Man unterscheidet 20 Toleranzgrade, welche mit den Zahlen 01, 0, 1 bis 18 angegeben werden.

Je größer die Zahl ist, desto größer ist die Toleranz.

## 13 Welche Toleranzgrade sind für Passmaße im Maschinenbau bestimmt?

Für Passmaße im Maschinenbau verwendet man die Toleranzgrade 5 bis 11 (Tabelle).

Anwendungsgebiete der ISO-Toleranzgrade							
ISO-Toleranzgrade	5	6	7	8	9	10	11
Anwendungsgebiete	Werkzeugmaschinen, Maschinen- und Fahrzeugbau						
Fertigungsverfahren	Reiben, Drehen, Fräsen, Schleifen, Feinwalzen						

## 14 Wie werden nach DIN die Allgemeintoleranzen in Zeichnungen angegeben?

Der Hinweis auf die Allgemeintoleranzen erfolgt meist im Schriftfeld in der Spalte „Zulässige Abweichung“ z.B. durch die Angabe „ISO 2768-m“.

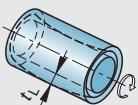
## 1.6 Form- und Lageprüfung

### Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 60

**1 Welche Rundlaufabweichung muss mit der Toleranz verglichen werden, wenn der Rundlauf in mehreren Messebenen gemessen wurde?**

Die größte Rundlaufabweichung ist mit dem Toleranzwert  $t_L$  zu vergleichen.

Der Toleranzwert  $t_L$  ist der Abstand zwischen zwei gedachten koaxialen Zylindern, deren Achsen mit den Bezugssachsen übereinstimmen.



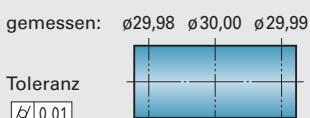
**2 Worin unterscheidet sich eine Rundheits- von einer Rundlaufmessung?**

Bei der Rundheitsmessung wird geprüft, ob sich die Kreisform innerhalb zweier konzentrischer Kreise mit demselben Mittelpunkt befindet. Bei der Rundlaufmessung wird die Abweichung des Rundlaufs zur Bezugssachse geprüft.

**3 Warum ist das sorgfältige Ausrichten der Bezugssachse vor einer Rundlaufmessung wichtig?**

Die Messgenauigkeit wird erheblich verbessert, wenn die Bezugssachsen sorgfältig im  $\mu\text{m}$ -Bereich ausgerichtet sind.

**4 Beim Schleifen eines Zylinders entsteht eine leicht tonnenförmige Abweichung (Bild). Liegt die Zylinderform aufgrund der gemessenen Durchmesser noch in der Toleranz von 0,01 mm?**

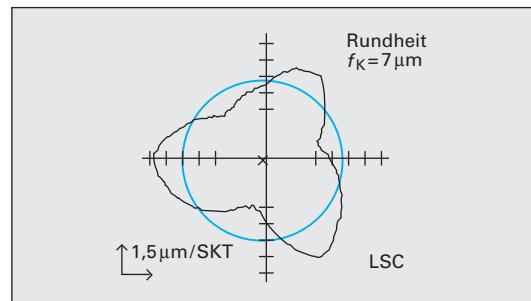


Die Zylinderform muss zwischen zwei koaxialen Zylindern liegen, die voneinander einen radialen Abstand von 0,01 mm haben. Mit  $D = 30,000 \text{ mm}$  ( $R = 15,000 \text{ mm}$ ) und  $d = 29,98 \text{ mm}$  ( $r = 14,99 \text{ mm}$ ) beträgt die maximale Abweichung 0,01 mm; die Zylinderform liegt somit gerade noch innerhalb der Toleranz.

**5 Mit welchem Messverfahren kann der Rundlauf einer Getriebewelle funktionsgerecht geprüft werden?**

Zur funktionsgerechten Prüfung werden die Lagerzapfen der Getriebewelle in Prismen aufgenommen und der Rundlauf, z.B. mit einer Messuhr, geprüft.

**6 Auf dem Formmessgerät wird an einer gedrehten Buchse eine Rundheitsabweichung von 7  $\mu\text{m}$  gemessen (Bild).**



**a) Wodurch kann die Abweichung entstanden sein?**

Die Rundheitsabweichung kann durch zu starkes Spannen im Dreibackenfutter entstanden sein.

**b) Welche Anzeigeänderung ist bei einer Rundheitsabweichung von 7  $\mu\text{m}$  bei einer Dreipunktmessung mit einem 90°-Prisma zu erwarten?**

Wird die Buchse in einem 90°-Prisma gemessen, so ist die Anzeigenänderung doppelt so groß wie die Rundheitsabweichung. Sie beträgt demnach 14  $\mu\text{m}$ .

**7 Welche Arbeitsregeln müssen beim Gewindemessen mit der Dreidrahtmethode beachtet werden?**

Beim Gewindemessen mit der Dreidrahtmethode sind folgende Arbeitsregeln zu beachten:

- Bei der Wahl der Messeinsätze und Messdrähte sind die Gewindesteigung und der Flankenwinkel zu berücksichtigen.
- Messeinsätze und Drahthalter müssen leicht verdrehbar sein, damit sie sich in Steigerungsrichtung einstellen können.