

# Prüfungsbuch Metall

Dr. Ignatowitz    Hillebrand    Kinz    Vetter

32. neu bearbeitete Auflage

## Hauptbuch:

Technologie

Technische Mathematik

Technische Kommunikation

Wirtschafts- und Sozialkunde

## Zusatzbuch:

Leistungsüberprüfungen zu den Lernfeldern

Übungs-Abschlussprüfungen

Lösungen

### Arten von Fragen, Aufgaben und Prüfungen:

- Fragen aus der Fachkunde Metall, 59. Auflage mit Antworten und Erklärungen
- Ergänzende Fragen mit Antworten und Erklärungen
- Testaufgaben mit Auswahlantworten
- Rechenaufgaben mit Lösungen
- Leistungsüberprüfungen Lernfelder mit Lösungen
- Musterabschlussprüfung mit Lösung

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

Europa-Nr.: 10269

Die Autoren des Prüfungsbuchs Metall:

Hillebrand, Thomas	Studiendirektor	Wipperfürth
Ignatowitz, Eckhard	Dr.-Ing., Studienrat a. D.	Waldbronn
Kinz, Ullrich	Studiendirektor	Groß-Umstadt
Vetter, Reinhard	Oberstudiendirektor a. D.	Ottobeuren

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Dr. Eckhard Ignatowitz

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern  
Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Die Leistungsüberprüfungen für die Lernfelder wurden auf der Basis des lernfeld-orientierten Lehrplans der Kultusministerkonferenz (KMK) für den Ausbildungsberuf Industriemechaniker(in) erstellt.

Die Übung-Abschlussprüfungen wurden gemäß den Prüfungsordnungen der Industrie- und Handelskammern gestaltet.

32. Auflage 2025

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-1426-5

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

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Umschlag: Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 73760 Ostfildern

Umschlagfoto: Sauter Feinmechanik GmbH, 72555 Metzingen

Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

Das **PRÜFUNGSBUCH METALL** ist ein Buch zum Erwerben von Fachwissen, zur Leistungsüberprüfung und zur Prüfungsvorbereitung. Es ergänzt die **FACHKUNDE METALL** durch eine systematische Wiederholung, Vertiefung und Lernzielkontrolle des dort behandelten Lehrstoffs.

Es ist zur Begleitung des **lernfeldorientierten Berufschul-Unterrichts** geeignet, kann aber auch zur fachsystematischen Erarbeitung einzelner Themen eingesetzt werden.

Das **PRÜFUNGSBUCH METALL** dient zur Kenntnissicherung vor **Klassenarbeiten** in Berufs- und Fachschulen sowie zur Vorbereitung auf **Abschlussprüfungen** für angehende Facharbeiter, Techniker und Meister des Berufsfeldes Metall. Der Inhalt des Buches umfasst den gesamten Prüfungsstoff für metalltechnische Berufe.

## Das Hauptbuch

### Teil I Technologie

Teil I enthält alle Fragen zur **Wiederholung und Vertiefung** aus der 59. Auflage der **Fachkunde Metall** sowie zusätzlich ergänzende Fragen. Zu den Fragen sind, farblich abgesetzt, die Antworten gegeben.

Zusätzliche Erläuterungen und viele Bilder vertiefen den Lernerfolg.

Am Ende jedes Großkapitels werden **Testaufgaben mit Auswahlantworten** gestellt.

### Teil II Technische Mathematik

In Teil II werden die fachmathematischen Grund- und Fachkenntnisse der metalltechnischen Berufe behandelt. Das technische Rechnen und der Einsatz des **TABELLENBUCH METALL** werden fortwährend geübt. Es gibt Aufgaben mit ausgearbeiteten Lösungen sowie Testaufgaben mit Auswahlösungen.

### Teil III Technische Kommunikation

Teil III behandelt die verschiedenen technischen Zeichnungen, die Bemaßung von Werkstücken sowie Toleranzangaben und die geometrische Bauteil-Spezifikation mit ISO – GPS. An einem größeren Lernprojekt wird die Kompetenz geprüft.

### Teil IV Wirtschafts- und Sozialkunde

Teil IV behandelt sieben Themen aus den Bereichen Wirtschafts- und Sozialkunde. Sie decken den Rahmenlehrplan für Industriemechaniker ab. Zu jedem Thema gibt es Fragen mit ausgearbeiteten Antworten sowie Testaufgaben mit Auswahlantworten.

### Teil V Lösungen der Testaufgaben in den Teilen I bis IV

## Das Zusatzbuch

### Teil VI Leistungsüberprüfungen zu den Lernfeldern

Dieser Teil besteht aus 13 Leistungsüberprüfungen zu den Lernfeldern für Industriemechaniker.

Die Leistungsüberprüfungen sind in Aufbau und Inhalt den Prüfungsrichtlinien der Ausbildungsordnungen sowie den Abschlussprüfungen der **PAL (Prüfungsaufgaben- und Lernmittelentwicklungsstelle, Stuttgart)** angeglichen. Jede Leistungsüberprüfung besitzt ein größeres Leitprojekt.

### Teil VII Übungs-Abschlussprüfungen

Teil VII enthält eine komplette Übungs-Abschlussprüfung mit den Teilen 1 und 2. Sie entspricht in Form, Inhalt und Umfang den PAL-Abschlussprüfungen. Damit kann ein Lehrer mit seinen Schülern einen Probelauf für die Abschlussprüfung durchführen.

### Teil VIII und Teil IX Lösungen der Leistungsüberprüfungen und Übungs-Abschlussprüfungen

Die Lernfeld-Leistungsüberprüfungen und die Übungs-Abschlussprüfungen sind im **Zusatzbuch** zusammengefasst. Die Seiten sind perforiert und können als Ganzes oder einzeln aus dem Buch herausgetrennt werden.

Der Lehrer kann sie dann Zug um Zug als Leistungsüberprüfungen (Klassenarbeiten) oder zur Vorbereitung auf die Abschlussprüfungen einsetzen. Mit den Lösungen am Ende des Buches ist eine Leistungsbewertung möglich.

Die aktuelle 32. Auflage des **PRÜFUNGSBUCH METALL** bezieht sich auf die 59. Auflage der **FACHKUNDE METALL**. Wesentlich überarbeitet, erweitert oder neu aufgenommen wurden die Themen:

- Im Bereich Technologie: ISO-GPS, Grundlagen der Automatisierungstechnik, Automatisierung der Produktion
- Grundlagen der technischen Mathematik mit Benutzen des **TABELLENBUCH METALL**
- Technische Kommunikation mit Bemaßung, Toleranzen und Geometrischer Tolerierung nach ISO-GPS

Die Autoren sind allen Nutzern des **PRÜFUNGSBUCH METALL** für das Auffinden von Satzfehlern sowie kritischen Hinweisen und Verbesserungsvorschlägen dankbar. Kontaktadresse: [lektorat@europa-lehrmittel](mailto:lektorat@europa-lehrmittel)

## Teil I Aufgaben zur Technologie

<b>1</b>	<b>Prüftechnik mit Geometrischer Produktspezifikation (ISO GPS)</b> _____	10			
<b>1.1</b>	<b>Größen und Einheiten</b> _____	10			
<b>1.2</b>	<b>Grundlagen der Messtechnik</b> _____	11			
<b>1.3</b>	<b>Längenprüfmittel</b> _____	12			
	Maßstäbe, Lineale, Winkel, Lehren _____	12			
	Endmaße, Messschieber und Messschrauben _____	13			
	Innenmessgeräte, Messuhren, Fühlhebelmessgeräte, Feinzeiger _____	15			
	Pneumatische, elektronische und optoelektronische Messgeräte, Koordinatenmessgeräte _____	16			
<b>1.4</b>	<b>Geometrische Produktspezifikation (ISO-GPS)</b> _____	18			
<b>1.5</b>	<b>Toleranzen und Passungen, Dimensionelle Tolerierung</b> _____	23			
<b>1.6</b>	<b>Geometrische Tolerierung und Prüfung von Form, Richtung, Ort und Lauf</b> _____	26			
<b>1.7</b>	<b>Kenngrößen und Prüfung von Oberflächen</b> _____	28			
	<i>Testfragen zu 1 Prüftechnik mit Geometrischer Produktspezifikation</i> _____	31			
<b>2</b>	<b>Qualitätsmanagement</b> _____	35			
	<i>Testfragen zu 2 Qualitätsmanagement</i> _____	39			
<b>3</b>	<b>Fertigungstechnik</b> _____	41			
<b>3.1</b>	<b>Arbeitssicherheit</b> _____	41			
<b>3.2</b>	<b>Gliederung der Fertigungsverfahren</b> _____	41			
<b>3.3</b>	<b>Gießen</b> _____	42			
<b>3.4</b>	<b>Formgebung und Weiterverarbeitung der Kunststoffe</b> _____	44			
<b>3.5</b>	<b>Umformen</b> _____	46			
<b>3.6</b>	<b>Schneiden</b> _____	51			
<b>3.7</b>	<b>Handgeführte spanende Fertigung</b> _____	52			
3.7.1	Grundlagen _____	52			
3.7.2	Fertigen mit handgeführten Werkzeugen _____	52			
<b>3.8</b>	<b>Spanende Fertigung mit Werkzeugmaschinen</b> _____	54			
3.8.1	Schneidstoffe _____	55			
3.8.2	Kühlschmierstoffe _____	57			
3.8.3	Sägen _____	58			
3.8.4	Bohren _____	58			
	Gewindebohren _____	61			
	Bohrmaschinen _____	62			
	Spannmittel für Bohrwerkzeuge _____	62			
3.8.5	Senken _____	63			
3.8.6	Reiben _____	63			
3.8.7	Drehen _____	64			
	Grundlagen des Drehens _____	64			
	Fertigungsplanung beim Drehen _____	71			
	Kräfte und Leistungen beim Drehen _____	72			
	Werkzeug- und Werkstück-Spannsysteme _____	73			
	Drehmaschinen _____	74			
3.8.8	Fräsen _____	76			
	Zerspangrößen beim Fräsen _____	76			
	Fräswerkzeuge _____	77			
	Fräsverfahren _____	79			
	Hochgeschwindigkeitsfräsen (HSC-Fräsen) und Universalfräsmaschinen _____	80			
	Laserbearbeitung _____	81			
3.8.9	Räumen _____	81			
3.8.10	Entgraten von Werkstücken _____	82			
3.8.11	Schleifen _____	83			
	Schleifkörper, Einflüsse auf den Schleifprozess, Schleifverfahren, Schleifmaschinen _____	83			
3.8.12	Feinarbeitung _____	85			
	Honen und Läppen _____	85			
3.8.13	Funkerosives Abtragen _____	87			
	Funkerosives Senken und Schneiden _____	87			
3.8.14	Vorrichtungen und Spannelemente an Werkzeugmaschinen _____	88			
3.8.15	Fertigungsbeispiel Spannpratze _____	90			
<b>3.9</b>	<b>CNC-Steuerungen für Werkzeugmaschinen</b> _____	91			
3.9.1	Merkmale CNC-gesteuerter Maschinen _____	91			
3.9.2	Koordinaten, Null- und Bezugspunkte _____	92			
3.9.3	Steuerungsarten, Korrekturen _____	92			
3.9.4	Erstellen von CNC-Programmen nach DIN 66025 _____	95			
3.9.5	Zyklen und Unterprogramme _____	97			
3.9.6	Programmieren von CNC-Drehmaschinen _____	97			
	Programmierbeispiele für CNC-Drehmaschinen _____	99			
3.9.7	Programmieren von CNC-Fräsmaschinen _____	101			
3.9.8	Programmierverfahren _____	101			
3.9.9	5-Achs-Bearbeitung nach PAL _____	103			
<b>3.10</b>	<b>Fügen</b> _____	104			
3.10.1	Fügeverfahren (Übersicht) _____	104			
3.10.2	Press- und Schnappverbindungen _____	104			
3.10.3	Kleben _____	105			
3.10.4	Löten _____	106			
3.10.5	Schweißen _____	107			
	Lichtbogenschweißen _____	107			
	Schutzgasschweißen _____	108			
	Gasschmelzschweißen _____	109			
	Strahlschweißen, Press-Schweißen, Einsatz und Prüfen von Schweißverbindungen _____	109			
<b>3.11</b>	<b>Generative Fertigungsverfahren</b> _____	110			
<b>3.12</b>	<b>Beschichten</b> _____	111			
<b>3.13</b>	<b>Fertigungsbetrieb und Umweltschutz</b> _____	112			
	<i>Testfragen zur 3 Fertigungstechnik</i> _____	113			
<b>4</b>	<b>Werkstofftechnik</b> _____	136			
<b>4.1</b>	<b>Übersicht der Werk- und Hilfsstoffe</b> _____	136			
<b>4.2</b>	<b>Auswahl und Eigenschaften der Werkstoffe</b> _____	136			
<b>4.3</b>	<b>Innerer Aufbau der Metalle</b> _____	138			
<b>4.4</b>	<b>Stähle und Gusseisenwerkstoffe</b> _____	139			
	Roheisengewinnung, Herstellung und Weiterverarbeitung von Stahl _____	139			
4.4.1	Das Bezeichnungssystem für Stähle _____	141			
4.4.2	bis 4.4.6 Stahlsorten, Einteilung, Verwendung, Handelsformen der Stähle _____	143			
4.4.8	Erschmelzen der Gusseisenwerkstoffe _____	145			
4.4.9	Bezeichnungssystem für Gusseisenwerkstoffe _____	145			

4.4.10	Gusseisensorten, Stahlguss	145	<b>6.3</b>	<b>Instandhaltung</b>	219
<b>4.5</b>	<b>Nichteisenmetalle (NE-Metalle)</b>	147	6.3.5	Wartung	220
	Leichtmetalle	147	6.3.6	Inspektion	221
	Schwermetalle	148	6.3.7	Instandsetzung	221
<b>4.6</b>	<b>Sinterwerkstoffe</b>	150	6.3.8	Verbesserungen	221
<b>4.7</b>	<b>Keramische Werkstoffe</b>	150	6.3.9	Auffinden von Störstellen und Fehlerquellen	221
<b>4.8</b>	<b>Wärmebehandlung der Stähle</b>	151	<b>6.4</b>	<b>Korrosion und Korrosionsschutz</b>	224
	Gefügearten von Eisen/Stahl-Werkstoffen und Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm	151	<b>6.5</b>	<b>Schadensanalyse und Schadensvermeidung</b>	226
	Glühen, Härten	152	<b>6.6</b>	<b>Beanspruchung und Festigkeit der Bauelemente</b>	226
	Vergüten, Härten der Randzone	155	<i>Testfragen zu 6 Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung</i>		
<b>4.9</b>	<b>Kunststoffe</b>	157			228
	Eigenschaften, Einteilung, Verwendung, Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere, Kunststoff-Kennwerte	157	<b>7</b>	<b>Elektrotechnik</b>	232
<b>4.10</b>	<b>Verbundwerkstoffe</b>	160	<b>7.1</b>	<b>Der elektrische Stromkreis</b>	232
<b>4.11</b>	<b>Werkstoffprüfung</b>	162	<b>7.2</b>	<b>Schaltung von Widerständen</b>	232
	Prüfung mechanischer Eigenschaften	162	<b>7.3</b>	<b>Stromarten</b>	234
	Härteprüfungen	164	<b>7.4</b>	<b>Elektrische Leistung und elektrische Arbeit</b>	234
	Dauerfestigkeitsprüfung, Bauteilprüfung, metallografische Untersuchungen	165	<b>7.5</b>	<b>Überstrom-Schutzeinrichtungen</b>	234
<b>4.12</b>	<b>Umweltproblematik der Werkstoffe und Hilfsstoffe</b>	166	<b>7.6</b>	<b>Fehler an elektrischen Anlagen</b>	234
<i>Testfragen zu 4 Werkstofftechnik</i>			<b>7.7</b>	<b>Schutzmaßnahmen bei elektrischen Maschinen</b>	234
		167	<b>7.8</b>	<b>Hinweise für den Umgang mit Elektrogeräten</b>	234
<b>5</b>	<b>Maschinentechnik</b>	176	<i>Testfragen zu 7 Elektrotechnik</i>		
<b>5.1</b>	<b>Einteilung der Maschinen, physikalische Grundlagen</b>	176			239
	Arbeitsmaschinen und Datenverarbeitungsanlagen	177	<b>8</b>	<b>Grundlagen der Automatisierungstechnik</b>	241
<b>5.2</b>	<b>Funktionseinheiten von Maschinen</b>	179	<b>8.1</b>	<b>Steuern und Regeln</b>	241
	Sicherheitseinrichtungen an Maschinen	180	<b>8.3</b>	<b>Pneumatische Steuerungen</b>	244
<b>5.3</b>	<b>Funktionseinheiten zum Verbinden</b>	180	8.3.1	Baugruppen pneumatischer Anlagen	244
	Gewinde	180	8.3.2	Bauelemente der Pneumatik	244
	Schraubenverbindungen	181	8.3.3	Schaltpläne pneumatischer Steuerungen	247
	Stiftverbindungen	184	8.3.4	Systematischer Schaltplanentwurf, GRAFSET	247
	Nietverbindungen	184		Beispiel einer pneumatisch gesteuerten Montage- und Bearbeitungsanlage	250
	Welle-Nabe-Verbindungen	185	8.3.5	Vakuumtechnik	252
<b>5.4</b>	<b>Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen</b>	187	<b>8.4</b>	<b>Elektropneumatische Steuerungen</b>	252
5.4.1	Reibung und Schmierstoffe	187	<b>8.5</b>	<b>Hydraulische Steuerungen</b>	259
5.4.2	Lager	188	<b>8.6</b>	<b>Speicherprogrammierbare Steuerungen</b>	263
5.4.3	Führungen	194	<i>Testfragen zu 8 Grundlagen der Automatisierungstechnik</i>		
5.4.4	Dichtungen	196			269
5.4.5	Federn	197	<b>9</b>	<b>Automatisierung der Produktion</b>	278
<b>5.5</b>	<b>Funktionseinheiten zur Energieübertragung</b>	198	<b>9.1</b>	<b>bis 9.5 Automatisierung, Komponenten, automatisierte WZ-Maschinen und Transportsysteme</b>	278
5.5.1	Wellen und Achsen	198	<b>9.6</b>	<b>Industrieroboter in der Produktion</b>	279
5.5.2	Kupplungen	198	<b>9.7</b>	<b>bis 9.10 Automatisierte Fertigungsanlagen, Transferstraßen und Transportsysteme</b>	283
5.5.3	Riementriebe	200	<b>9.11</b>	<b>Industrie 4.0 – Smart Factory</b>	283
5.5.4	Kettentriebe	201	<i>Testfragen zu 9 Automatisierung der Produktion</i>		
5.5.5	Zahnradtriebe	202			285
<b>5.6</b>	<b>Antriebseinheiten</b>	204	<b>10</b>	<b>Technische Projekte</b>	289
5.6.1	Elektromotoren	204	<b>10.1</b>	<b>bis 10.4 Grundlagen der Projektarbeit</b>	289
5.6.2	Getriebe	206	<b>10.5</b>	<b>Dokumentation und technische Unterlagen</b>	290
5.6.3	Linearantriebe	208	<i>Testfragen zu 10 Technische Projekte</i>		
<i>Testfragen zu 5 Maschinentechnik</i>					295
		210			
<b>6</b>	<b>Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung</b>	216			
<b>6.1</b>	<b>Montagetechnik</b>	216			
<b>6.2</b>	<b>Inbetriebnahme</b>	218			

## Teil II Aufgaben zur technischen Mathematik

<b>1</b>	Grundlagen der technischen Mathematik	298	<b>4.2</b>	Umformen	311
<b>1.1</b>	Umstellen von Gleichungen	298	<b>4.3</b>	Schneiden	312
<b>1.2</b>	Dreisatz- bzw. Schlussrechnung	300	<b>4.4</b>	Schnittgeschwindigkeiten und Drehzahlen beim Spanen	313
<b>1.3</b>	Prozentrechnung	300	<b>4.5</b>	Schnittkräfte, Leistung beim Zerspanen	313
<b>1.4</b>	Zinsrechnung	300	<b>4.6</b>	Kegeldrehen	314
<b>1.5</b>	Benutzen des Tabellenbuchs Metall	301	<b>4.7</b>	Teilen mit dem Teilkopf	315
<b>2</b>	Physikalisch-technische Berechnungen	303	<b>4.8</b>	Hauptnutzungszeiten, Kostenberechnungen	315
<b>2.1</b>	Umrechnung von Größen	303	<b>5</b>	Berechnungen an Maschinen	317
<b>2.2</b>	Längen und Flächen	303	<b>5.1</b>	Gewinde	317
<b>2.3</b>	Körpervolumen, Dichte, Masse	304	<b>5.2</b>	Riementriebe	317
<b>2.4</b>	Geradlinige und kreisförmige Bewegungen	306	<b>5.3</b>	Zahnradtriebe	317
<b>2.5</b>	Kräfte, Drehmomente	306	<b>5.4</b>	Zahnradmaße	318
<b>2.6</b>	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	307	<b>6</b>	Berechnungen zur Elektrotechnik	318
<b>2.7</b>	Einfache Maschinen	307	<b>7</b>	Berechnungen zur Automatisierungstechnik – Pneumatik und Hydraulik	320
<b>2.8</b>	Reibung	308		Logische Verknüpfungen	320
<b>2.9</b>	Druck, Auftrieb, Gasinhalt	308	<b>8</b>	Berechnungen zur CNC-Technik	321
<b>2.10</b>	Wärmeausdehnung, Wärmemenge	309		<i>Testfragen zur technischen Mathematik</i>	322
<b>3</b>	Festigkeitsberechnungen	309			
<b>4</b>	Berechnungen zur Fertigungstechnik	311			
<b>4.1</b>	Maßtoleranzen und Passungen	311			

## Teil III Aufgaben zur technischen Kommunikation

<b>1</b>	Darstellung und Bemaßung von Werkstücken	336	<b>4</b>	Bemaßung und Toleranzen am Lernprojekt Laufrollenlagerung	349
<b>2</b>	Bemaßungen mit Toleranzangaben	340	<b>5</b>	Testaufgaben zur technischen Kommunikation	356
<b>3</b>	Geometrische Tolerierung mit ISO-GPS	342			

## Teil IV Wirtschafts- und Sozialkunde

<b>1</b>	Berufliche Bildung	362	<b>4</b>	Sozialpartner im Betrieb	375
	<i>Testfragen zur beruflichen Bildung</i>	363		<i>Testfragen zu den Sozialpartnern</i>	376
<b>2</b>	Eigenes wirtschaftliches Handeln	364	<b>5</b>	Arbeits- und Tarifrecht	377
	<i>Testfragen zum eigenen wirtschaftlichen Handeln</i>	368		<i>Testfragen zu Arbeits- und Tarifrecht</i>	381
<b>3</b>	Grundlagen der Volks- und Betriebswirtschaft	369	<b>6</b>	Betriebliche Mitbestimmung	384
	<i>Testfragen zu Grundlagen der Volks- und Betriebswirtschaft</i>	374		<i>Testfragen zur betrieblichen Mitbestimmung</i>	385
			<b>7</b>	Soziale Absicherung	389
				<i>Testfragen zur sozialen Absicherung</i>	393

## Teil V Lösungen der Testaufgaben in den Teilen I bis IV

Lösungen der Testaufgaben zu: <b>Teil I</b>		Lösungen der Testaufgaben zu: <b>Teil III</b>	
Technologie	397	Technische Kommunikation	399
Lösungen der Testaufgaben zu: <b>Teil II</b>		Lösungen der Testaufgaben zu: <b>Teil IV</b>	
Technische Mathematik	398	Wirtschafts- und Sozialkunde	399

## Zusatzbuch: Leistungsüberprüfungen und Abschlussprüfungen

### Teil VI Leistungsüberprüfungen zu den Lernfeldern 402

Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 1</b> _____	403	Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 8</b> _____	445
Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 2</b> _____	409	Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 9</b> _____	451
Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 3</b> _____	415	Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 10</b> _____	457
Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 4</b> _____	421	Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 11</b> _____	463
Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 5</b> _____	427	Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 12</b> _____	467
Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 6</b> _____	433	Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 13</b> _____	475
Leistungsüberprüfung zu <b>Lernfeld 7</b> _____	439		

### Teil VII Übungs-Abschlussprüfungen 481

<b>Übungs-Abschlussprüfung Teil 1</b> _____	481	Auftrags- und Funktionsanalyse Teil B _____	511
Schriftliche Aufgabenstellung Teil A _____	481	Fertigungstechnik Teil A _____	515
Schriftliche Aufgabenstellung Teil B _____	495	Fertigungstechnik Teil B _____	523
<b>Übungs-Abschlussprüfung Teil 2</b> _____	501	Wirtschafts- und Sozialkunde _____	527
Auftrags- und Funktionsanalyse Teil A _____	501		

### Teil VIII Lösungen der Leistungsüberprüfungen 535

Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 1</b> _____	535	Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 8</b> _____	563
Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 2</b> _____	539	Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 9</b> _____	567
Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 3</b> _____	543	Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 10</b> _____	571
Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 4</b> _____	547	Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 11</b> _____	575
Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 5</b> _____	551	Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 12</b> _____	581
Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 6</b> _____	555	Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 13</b> _____	588
Leistungsüberprüfungen zu <b>Lernfeld 7</b> _____	559		

### Teil IX Lösungen der Übungs-Abschlussprüfungen 592

Übungs-Abschlussprüfung <b>Teil 1</b> _____	592
Übungs-Abschlussprüfung <b>Teil 2</b> _____	594

### Bildquellenverzeichnis 598

## Empfehlungen zum Lernen mit dem Prüfungsbuch Metall

Sie haben im Berufsschulunterricht und in Ihrem Ausbildungsbetrieb ein Fachgebiet kennengelernt. Jetzt wollen Sie mit dem **Prüfungsbuch Metall** Ihren Lernerfolg testen und festigen.

Zur Erzielung eines optimalen Lernerfolgs mit dem **Prüfungsbuch Metall** hat sich die folgende Vorgehensweise bewährt.

1. Sie wählen das entsprechende Sachthema aus und schlagen die Seite im **Prüfungsbuch Metall** auf, z. B. Seite 10. Sie decken die Antwort der Aufgabe 1 mit einem Blatt Papier ab.

10 Prüftechnik mit Geometrischer Produktspezifikation (ISO GPS): Größen und Einheiten

### Teil I Aufgaben zur Technologie

#### 1 Prüftechnik mit Geometrischer Produktspezifikation (ISO GPS)

##### 1.1 Größen und Einheiten

###### ◆ Fragen zu Größen und Einheiten

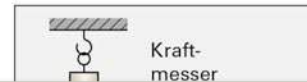
1 Welche Basisgrößen sind im Internationalen Einheitensystem festgelegt?

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  $m = 1$  kg hat die Gewichtskraft 9,81 Newton



Abdeckblatt

2. Sie überlegen sich die Lösung und notieren sie stichwortartig auf dem Blatt Papier.

Länge  $l$   
 Zeit  $t$   
 Temperatur  $T$   
 Masse  $m$   
 Elektrische Stromstärke  $I$

3. Sie schieben das Blatt Papier zur Seite und Sie vergleichen Ihre Lösung mit der korrekten Lösung im **Prüfungsbuch Metall**.

##### 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  $I_v$

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

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



Länge  $l$   
 Zeit  $t$   
 Temperatur  $T$   
 Masse  $m$   
 Elektrische Stromstärke  $I$

4. Sie prägen sich die vollständige und richtige Lösung ein.
5. Dann gehen Sie zur nächsten Frage und bearbeiten sie in der gleichen Weise.

Auch bei **Teil II Aufgaben zur technischen Mathematik** verfahren Sie in gleicher Weise.

**Beispiel:** Seite 311, 4.2 Umformen

1. Sie beginnen mit der Aufgabe 1.

Sie decken die Lösung der Aufgabe im **Prüfungsbuch Metall** mit einem Blatt Papier ab.

Berechnungen zur Fertigungstechnik: Maßtoleranzen und Passungen

311

## 4 Berechnungen zur Fertigungstechnik

### 4.1 Maßtoleranzen und Passungen

1

Eine Bohrung mit dem Nennmaß  $N = 64 \text{ mm}$  hat die Grenzabmaße  $ES = -14 \mu\text{m}$  und  $EI = -33 \mu\text{m}$ .

### 4.2 Umformen

1

Ein Biegeteil aus 2 mm dickem Blech wird im rechten Winkel abgebogen. Der Biegeradius beträgt 4 mm, die Länge des Teiles am langen Schenkel  $a = 25 \text{ mm}$ , am kurzen Schenkel  $b = 12 \text{ mm}$ .

Wie groß ist die gestreckte Länge  $L$ ?

Abdeckblatt

2. Sie suchen in Ihrem **Tabellenbuch Metall** (TM) im Sachwortverzeichnis nach „Biegeumformen“ und finden dort die Formel zur Berechnung der gestreckten Länge:  $L = a + b - v$

Aus der dort vorhandenen Tabelle lesen Sie den **Ausgleichswert**  $v = 4,5 \text{ mm}$  ab.

## Ausgleichswerte, Zuschnittsermittlung, Rückfederung

### Ausgleichswerte $v$ für Biegewinkel $\alpha = 90^\circ$

vgl. Beiblatt 2 zu DIN 6935 (2011-10) zurückgezogen

Biege- radius $r$ in mm	Ausgleichswert $v$ je Biegestelle in mm für Blechdicke $s$ in mm														
	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10
1	1,0	1,3	1,6	1,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,6	1,2	1,5	1,8	2,1	2,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	1,5	1,8	2,1	2,4	3,2	4,0	4,8	–	–	–	–	–	–	–	–
4	–	2,4	2,7	3,0	3,7	4,5	5,2	6,0	6,9	–	–	–	–	–	–
6	–	–	3,5	3,8	4,5	5,2	5,9	6,7	7,5	8,3	9,1	9,9	–	–	–
10	–	–	–	5,5	6,1	6,7	7,4	8,1	8,9	9,6	10,4	11,2	12,7	–	–
16	–	–	–	8,1	8,7	9,3	9,9	10,5	11,2	11,9	12,6	13,3	14,8	17,8	21,0
20	–	–	–	9,8	10,4	11,0	11,6	12,2	12,8	13,4	14,1	14,9	16,3	19,3	22,3
25	–	–	–	11,9	12,6	13,2	13,8	14,4	15,0	15,6	16,2	16,8	18,2	21,1	24,1

### Zuschnittsermittlung für Teile mit beliebigem Biegewinkel

vgl. DIN 6935 (2011-10)

$\beta \leq 90^\circ$



$L$  gestreckte Länge  $s$  Blechdicke  
 $a, b$  Länge der Schenkel  $r$  Biegeradius

**Gestreckte Länge<sup>1)</sup>**

3. Damit berechnen Sie die gestreckte Länge

$$L = a + b - v = 25,0 \text{ mm} + 12,0 \text{ mm} - 4,5 \text{ mm} = 32,5 \text{ mm}$$

4. Jetzt schieben Sie das Blatt Papier zur Seite und vergleichen Ihre Lösung mit der Lösung im **Prüfungsbuch Metall**.

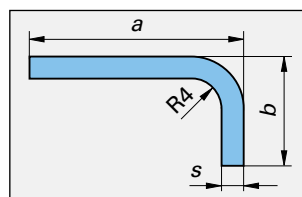
**Lösung:** TM: Formel für die gestreckte Länge:

$$L = a + b - v$$

aus Tabelle:  $v = 4,5 \text{ mm}$

$$L = a + b - v$$

$$L = 25 \text{ mm} + 12 \text{ mm} - 4,5 \text{ mm} = 32,5 \text{ mm}$$



*Die Lösung ist richtig.*

5. Sie fahren mit der nächsten Aufgabe in der gleichen Weise fort.

**Wir wünschen viel Erfolg**

## Teil I Aufgaben zur Technologie

### 1 Prüftechnik mit Geometrischer Produktspezifikation (ISO GPS)

#### 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 eines Eichmeters, das in der Bundesanstalt für Messtechnik/Braunschweig aufbewahrt wird.

Die wissenschaftliche Definition des Meters 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. Das Kurzzeichen ist  $\mu$ . So ist z. B. 1 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) der millionste Teil eines Meters.

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?

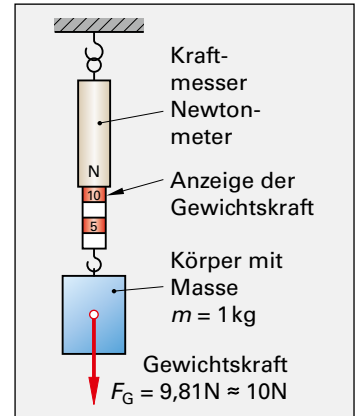
Die Basiseinheit der Masse ist das Kilogramm (kg).

##### 6 \_\_\_\_\_

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

Ein Körper mit der Masse  $m = 1\text{ kg}$  hat die Gewichtskraft 9,81 Newton (9,81 N).

Man misst die Gewichtskraft eines Körpers mit einem Kraftmesser, auch Newtonmeter genannt (Bild).



##### 7 \_\_\_\_\_

Welches ist die gebräuchlichste Temperatureinheit?

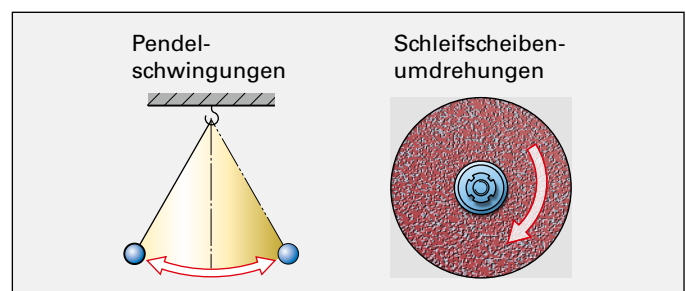
Die gebräuchlichste Einheit der Temperatur ist in Deutschland das Grad Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

##### 8 \_\_\_\_\_

Was versteht man unter der Periodendauer bei zeitlich sich wiederholenden Vorgängen?

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

Beispiele: Die Schwingungsdauer eines Pendels oder die Umdrehung einer Schleifscheibe sind Vorgänge mit Periodendauer (Bild).



##### 9 \_\_\_\_\_

Was versteht man bei regelmäßig sich wiederholenden Vorgängen 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 der Frequenz ist 1/Sekunde (1/s) oder Hertz (Hz).  $1/\text{s} = 1\text{ Hz}$

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 18

1

**Wie wirken sich systematische und zufällige Messabweichungen auf das Messergebnis aus?**

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

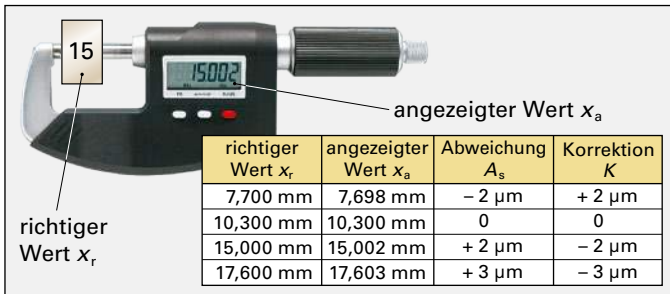
Zufällige Abweichungen machen den Messwert **unsicher**, d. h. sie schwanken um den richtigen Wert.

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 mehrere Endmaße mit der Messschraube misst und die Abweichungen der Anzeige mit dem richtigen Wert der Endmaße vergleicht.



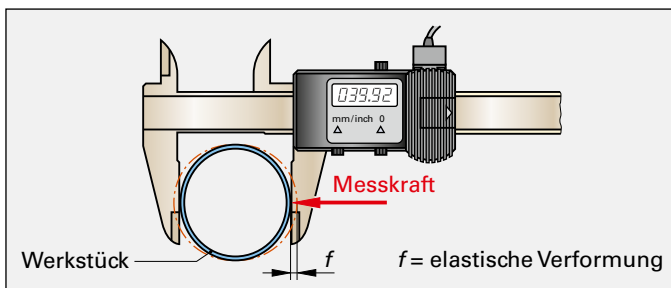
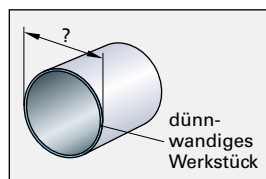
richtiger Wert $x_r$	angezeigter Wert $x_a$	Abweichung $A_s$	Korrektion $K$
7,700 mm	7,698 mm	- 2 $\mu\text{m}$	+ 2 $\mu\text{m}$
10,300 mm	10,300 mm	0	0
15,000 mm	15,002 mm	+ 2 $\mu\text{m}$	- 2 $\mu\text{m}$
17,600 mm	17,603 mm	+ 3 $\mu\text{m}$	- 3 $\mu\text{m}$

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

3

**Warum ist das Messen dünnwandiger Werkstücke problematisch?**

Dünnwandige Werkstücke (Bild rechts) werden beim Messen durch die Messkraft elastisch verformt (Bild unten). 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 der Werkstoffe zu Messabweichungen.

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

5

**Worauf können systematische Messabweichungen bei Messschrauben voraussichtlich zurückgeführt werden?**

Systematische Messabweichungen bei Messschrauben werden z. B. durch zu große Messkraft, durch Abweichungen der Gewindesteigung, durch gleich bleibende 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.

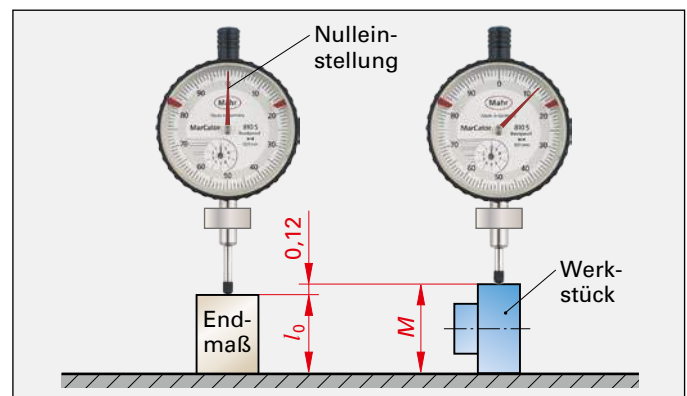
Im Messlabor müssen bei der Überwachung (Kalibrierung) von Messgeräten die systematischen Abweichungen korrigiert und die zufälligen Abweichungen so klein wie möglich gehalten werden.

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 (Bild).

Die Messabweichung ist deshalb sehr klein.



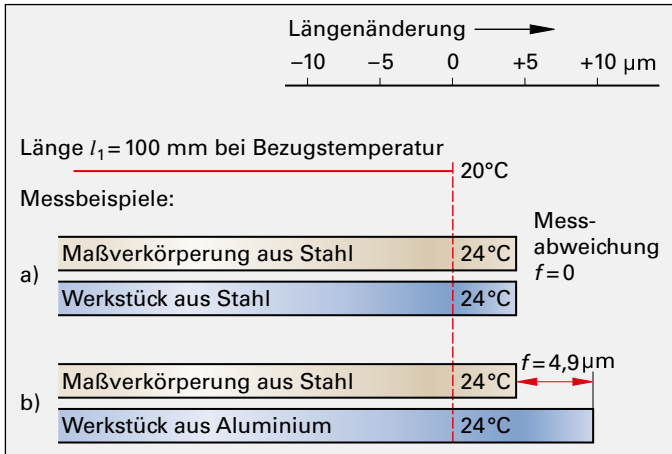
8

**Warum ist bei Aluminiumwerkstücken die Abweichung von der Bezugstemperatur messtechnisch besonders problematisch?**

Aluminium hat gegenüber Stahl, aus dem die Maßverkörperungen z. B. von Messschiebern und Messschrauben bestehen, einen größeren thermischen Längenausdehnungskoeffizienten. Dies hat zur Folge, dass sich die Maße von Werkstück und Maßverkörperung durch die thermische Längenänderung unterschiedlich ändern,

wenn die Bezugstemperatur von 20 °C nicht eingehalten wird (Bild unten).

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



9

**Wie groß ist etwa die Längenänderung eines Parallelendmaßes ( $l = 100$  mm,  $\alpha = 0,000016$  1/°C), wenn es durch Handwärme von 20 °C auf 25 °C erwärmt wird?**

Die Längenänderung des Parallelendmaßes beträgt

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

$$\Delta l = 100 \text{ mm} \cdot 0,000016 \text{ 1/°C} \cdot 5 \text{ °C}$$

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

10

**Wie viel Prozent der Werkstücktoleranz dürfen die Messabweichungen höchstens betragen, damit sie beim Prüfen vernachlässigt werden können?**

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 „Gutteil“ oder „Ausschuss“ zu erkennen wären, wenn die Maße im Bereich der Toleranzgrenzen liegen.

11

**Welche Messunsicherheit ist bei einer mechanischen Messuhr ( $Skw = 0,01$  mm) zu erwarten?**

Die Messunsicherheit beträgt bei Messgeräten mit Skalanzeige 1 Skalenteilungswert, entsprechend 0,01 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.

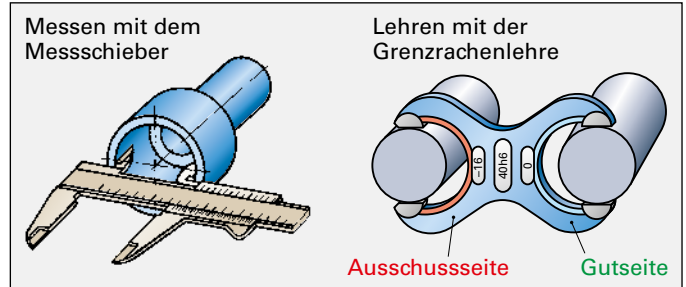
Prüfen wird unterteilt in Messen und Lehren.

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 (Bild).

Lehren ist das Vergleichen einer Länge oder Form mit einer Lehre (Bild).



14

**Was versteht man unter der Messunsicherheit?**

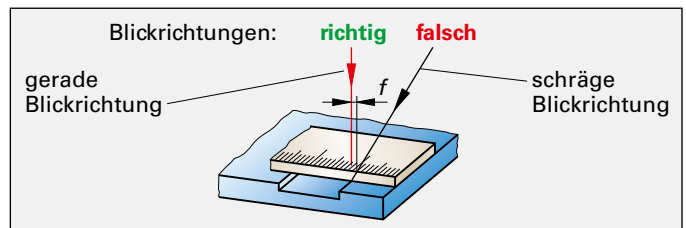
Als Messunsicherheit bezeichnet man zufällige und nicht erfassbare systematische Abweichungen.

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 (Bild).



## 1.3 Längenprüfmittel

### Maßstäbe, Lineale, Winkel, Lehren

#### > Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 20

1

**Warum haben Haarlineale und Haarwinkel geläppte 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.

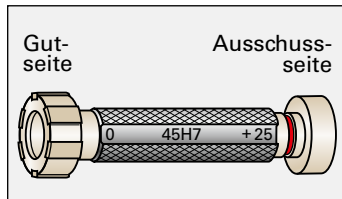
**3 Warum entspricht eine Grenzrachenlehre nicht dem Taylorschen Grundsatz?**

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 Ausschussseite eines Grenzlehrdornes?**

Die Ausschussseite eines Grenzlehrdornes erkennt man an der roten Farbkennzeichnung, am kurzen Prüfzylinder und am eingravierten oberen Grenzabmaß (Bild).



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

**5 Warum verschleißt die Gutseite einer Grenzlehre schneller als die Ausschussseite?**

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

**Endmaße, Messschieber und Messschrauben**

**> Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 25**

**1 Aus welchen Parallelendmaßen 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 Stahleindmaße nicht tagelang angesprengt bleiben?**

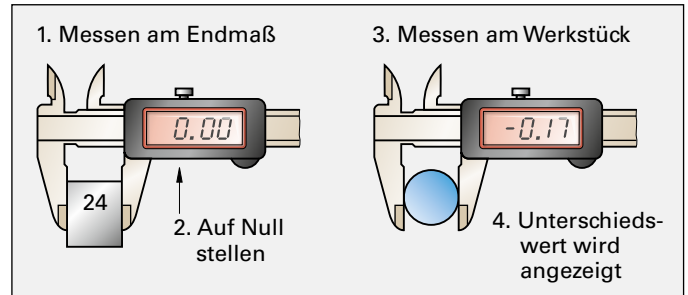
Es besteht die Gefahr, dass sie kalt verschweißen.

Stahleindmaße 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 (Bild).



**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 Welche Vorteile besitzen Messschieber mit elektronischer Ziffernanzeige?**

Messschieber mit elektronischer Ziffernanzeige (Bild) zeigen die Messwerte mit Ziffern an. Dadurch werden Ablesefehler wie beim Nonius-Messschieber vermieden.



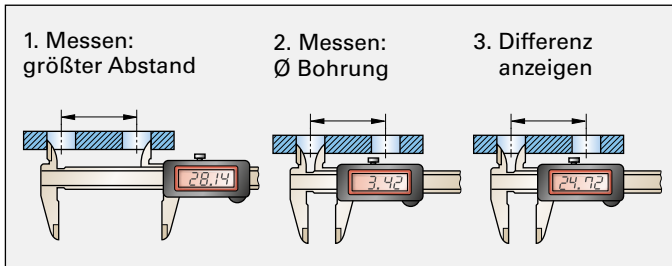
Der elektronische Messschieber hat zusätzlich einen kleinen Computer, mit dem verschiedene Funktionen ausgeführt werden können:

- Die Anzeige kann auf Null 0 gestellt werden.
- Umrechnungen von mm in inch können direkt erfolgen.
- Unterschiedsmessungen können direkt angezeigt werden.
- Tolleranzwerte können voreingestellt werden.
- Messwerte können gespeichert und auf einen Rechner übertragen werden.

8

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

1. Nach Einstellen auf Differenzmessung wird der größte Abstand der Bohrungen gemessen (Bild).
2. Der Durchmesser einer Bohrung wird gemessen.
3. Die Differenz wird angezeigt. Es ist der Abstand der Bohrungsmittelpunkte.



9

Welche Eigenschaften besitzen Endmaße aus Hartmetall?

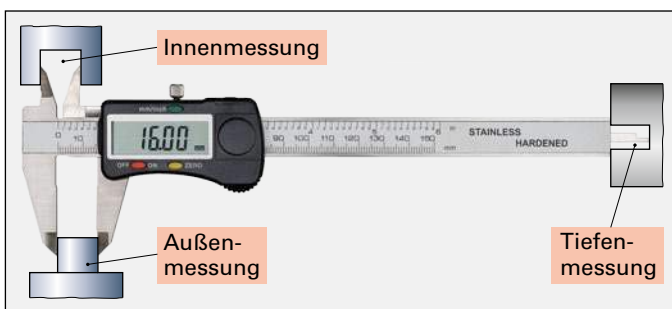
Endmaße aus Hartmetall haben einen 20fach höheren Verschleißwiderstand und eine um 50 % geringere Wärmedehnung als Stahleindmaße.

10

Welche Messungen können mit Messschiebern durchgeführt werden?

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

Der Messschieber ist wegen der vielseitigen Messmöglichkeiten, der einfachen Handhabung und seiner Messgenauigkeit (0,1 mm) das wichtigste Messgerät in metallverarbeitenden Betrieben.



11

Welche Arbeitsregeln gelten für das Messen mit Messschiebern?

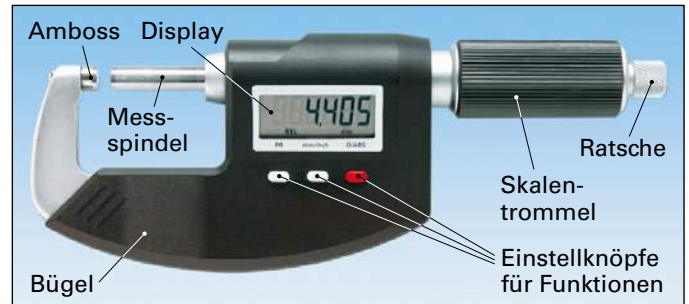
Für das Messen mit Messschiebern gelten folgende Arbeitsregeln:

- Die Mess- und Prüfflächen sollen sauber und gratfrei 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.

12

Aus welchen wesentlichen Teilen besteht die Bügelmessschraube?

Wesentliche Teile der Bügelmessschraube sind: Bügel mit Amboss, Messspindel, Display, Einstellknöpfe, Skalentrommel und Ratsche (Bild).



13

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.

14

Welche Aufgabe hat die Ratschenkupplung der Messschraube?

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

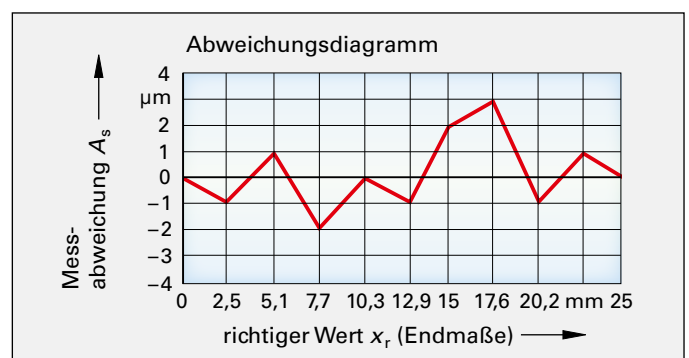
Infolge der geringen Steigung der Messspindel wird die Drehkraft verstärkt, sodass ohne Kupplung sehr große Messkräfte wirksam würden.

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 (Bild).

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 µm 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.

**Innenmessgeräte, Messuhren, Fühlhebelmessgeräte, Feinzeiger**

**> Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 29**

**1**

Warum kann mit Innenmessschrauben mit 3-Linien-Berührung präziser gemessen werden als mit Innenmessschrauben 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?

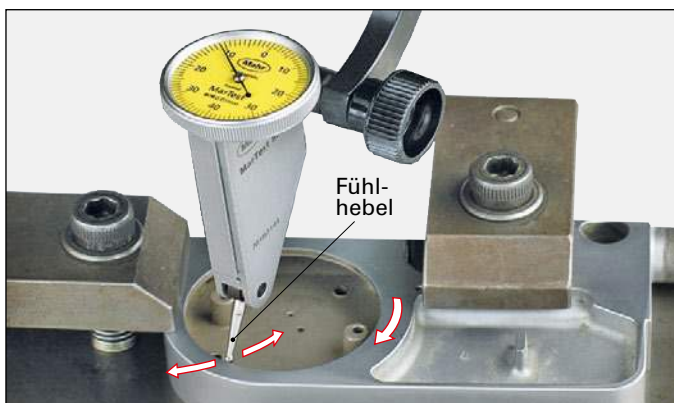
Die mechanische Übersetzung der Messbolzenbewegung verursacht eine Reibung, die bei hineingehendem Messbolzen größer ist und dadurch die Messkraft erhöht.

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 (Bild).



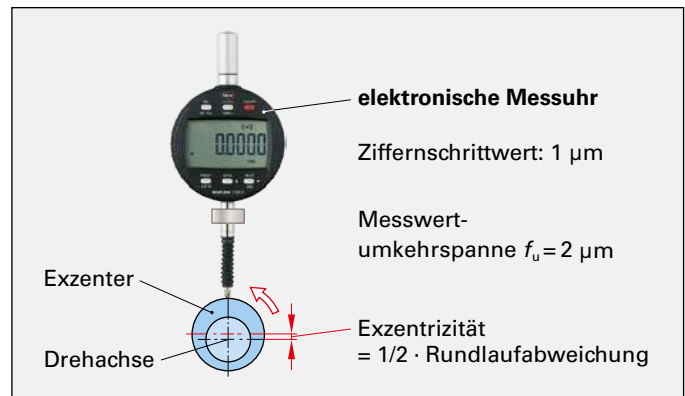
**4**

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 µm und den Kleinstwert - 2 µm an (Bild). Wie groß ist die Rundlaufabweichung? ( $f_L = M_{wmax} - M_{wmin}$ )



Die Rundlaufabweichung beträgt:

$$f_L = M_{wmax} - M_{wmin} = 12 \mu\text{m} - (-2 \mu\text{m}) = 14 \mu\text{m}$$

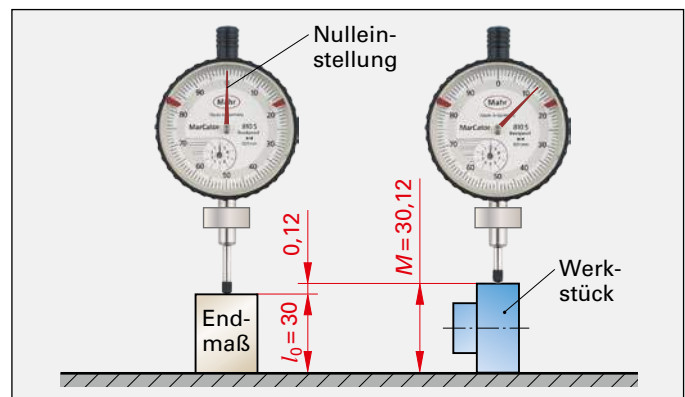
**• Ergänzende Fragen zu Messuhren und Feinzeigern**

**6**

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

Das Werkstückmaß wird mithilfe eines Endmaßes  $l_0 = 30$  mm eingestellt. Dann 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 mechanischen 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 µm.

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

9

### 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.

## Pneumatische, elektronische und optoelektronische Messgeräte, Koordinatenmessgeräte

### > Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 38

1

### Welche Vorteile haben pneumatische Messungen?

Die Vorteile pneumatischer Messungen sind:

- Die Messkraft durch die Druckluft ist meist vernachlässigbar klein
- Sicheres und schnelles Messen mit hoher Wiederholgenauigkeit
- Die Druckluft reinigt die Messstellen von anhaftenden Kühlschmierstoffen, Öl oder Lämppaste.
- Die Messung erfolgt berührungslos.

2

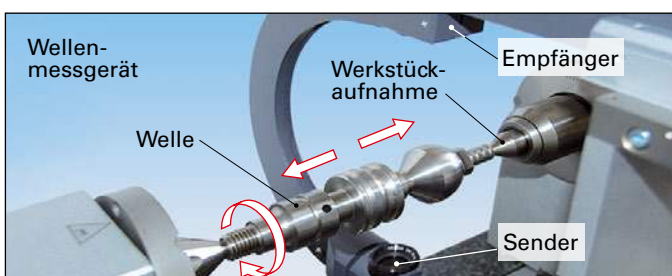
### Warum wirken sich bei der Dickenmessung mit induktiven Messtastern Formabweichungen des Werkstücks nicht aus?

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

3

### Warum können bei Wellenmessgeräten Durchmesser genauer gemessen werden als Längen?

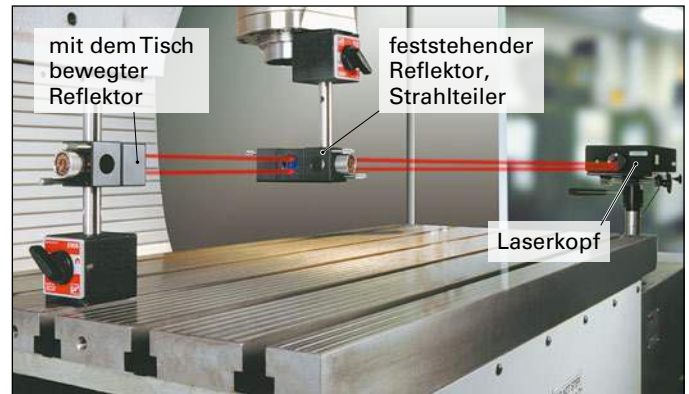
Das Messen von Durchmessern (Bild) ist genauer, weil das Messergebnis nicht durch die Bewegung des Messschlittens beeinflusst wird.



4

### Mit welchem Messgerät kann die Positionsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen geprüft werden?

Die Positionsgenauigkeit wird mit dem Laser-Interferometer geprüft (Bild).



5

### Welche Vorteile haben optische Formmessungen auf Koordinatenmessgeräten gegenüber den berührenden (taktile) 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.

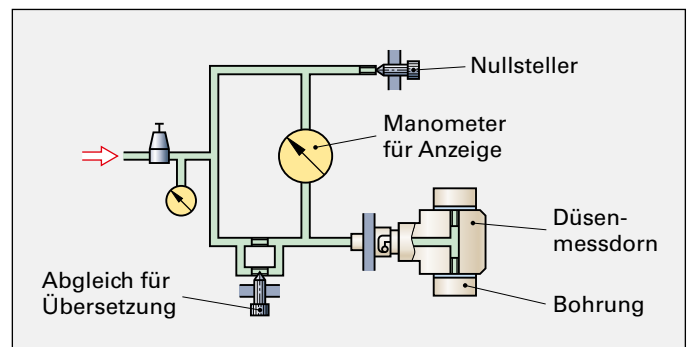
Die Genauigkeit von Formprüfungen nimmt beim Scannen mit der Punktdichte zu.

### ● Ergänzende Fragen zu pneumatischen, elektronischen und optoelektronischen Messgeräten sowie Koordinatenmessgeräten

7

### Wie arbeiten pneumatische Messgeräte?

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



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

**8** Welche Vorteile besitzen Messgeräte mit induktivem Messsystem?

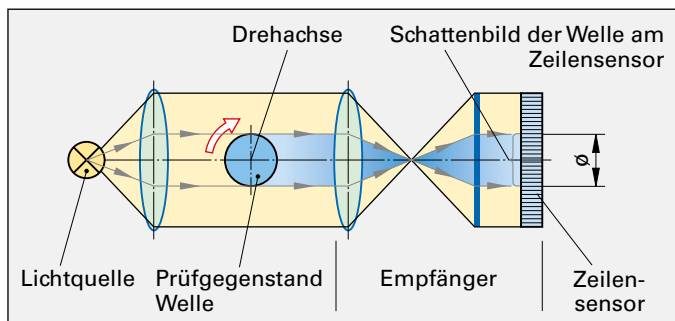
Die elektronische Längenmessung mit induktiven Mess-tastern weist folgende Vorteile auf:

- 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

**9** 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 Zeilensensor ein Schattenbild, dessen Maße dem Werkstück entsprechen. Das Messergebnis wird auf einem Display angezeigt.

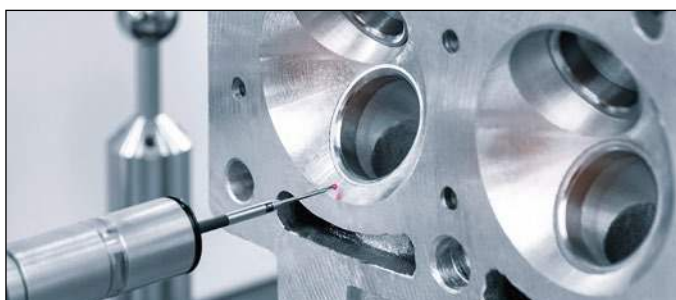


**10** Welches sind die wichtigsten Bauteile bei Messgeräten mit optoelektronischen Messsystemen?

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

Der Messkopf misst durch Zählen der Einzelsignale den Verfahrweg.

**11** Welche Vorteile haben Koordinatenmessgeräte (Bild)?



- 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 Antasten weniger Punkte ermittelt und im Rechner gespeichert werden.

**12** Welche Messaufgaben können vom Koordinatenmessgerät im Bearbeitungsraum einer Werkzeugmaschine durchgeführt werden?

- Erfassen der Bauteilposition vor Bearbeitungsbeginn
- Kontrollmessungen zwischen Arbeitsschritten (Bild)
- Endmessung fertig bearbeiteter Werkstücke (Bild)



- Werkzeugeinstellung (Bild) und Werkzeugüberwachung (Bild)



**13** Nennen Sie die Vorteile messender Tastsysteme gegenüber schaltenden Tastsystemen.

Messende Tastsysteme tasten das Messobjekt kontinuierlich mit vielen Messpunkten ab. Dadurch können beliebig geformte Flächen abgetastet werden.

Schaltende Tastsysteme nehmen bei Berührung die Messwerte in den Antastrichtungen X, Y und Z auf.

**14** Bei welchen Werkstoffen setzt man den Laser-Autofokussensor ein, bei welchen den Laser-Abstandssensor?

Mit dem Laser-Autofokussensor können glatte ebene oder leicht gewölbte Glas-, Keramik- oder Metallflächen gemessen werden.

Mit dem Laser-Abstandssensor werden streuende reflektierende Werkstoffe wie z. B. Gummi und Kunststoffe gemessen.

## 1.4 Geometrische Produktspezifikation (ISO-GPS)

### > Fragen aus Fachkunde Metall, Seite 48

1

#### Erklären Sie den Begriff ISO-GPS.

Der Begriff ISO-GPS ist eine Abkürzung für: International Standard Organisation – Geometrische Produkt Spezifikation.

Dieser Begriff beschreibt die internationalen Normen (ISO) für die Spezifizierung der geometrischen Anforderungen (GPS) an herzustellende Werkstücke.

Vor allem wird durch diese Normen das Zusammenpassen der Werkstücke festgelegt.

2

#### Was versteht man unter einer geometrischen Spezifikation?

Unter der geometrischen Spezifikation versteht man die Festlegung der Größenmaße und der zulässigen Abweichungen (Toleranzen) eines zu fertigenden Werkstücks.

3

#### Erklären Sie die Begriffe Spezifikation, Verifikation und Validierung im Zusammenhang mit GPS.

**Spezifikation** ist die Festlegung eines Größenmaßes oder der zulässigen Abweichungen (Toleranz) eines Werkstückmerkmals durch eine Zone. Die Spezifikation wird durch die Konstruktion festgelegt.

Bei der **Verifikation** wird nach der Fertigung eines Produkts geprüft, ob es den spezifischen Anforderungen entspricht. Die Verifikation liegt in der Verantwortung der Messtechnik im Betrieb.

**Validierung** nennt den Nachweis, dass das Nutzungsziel des Bauteils erreicht wurde. Um zu prüfen, ob das reale Bauteil die gesteckten Ziele erreicht, wird es in sogenannten Feldversuchen in der Vorrichtung bzw. Maschine vom späteren Nutzer getestet.

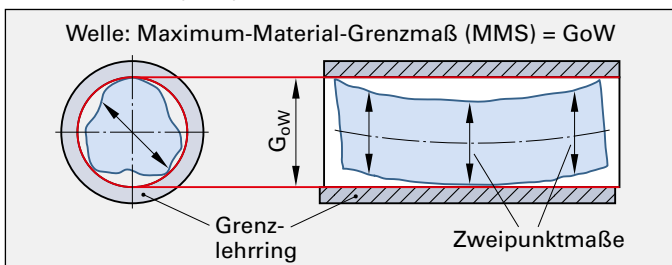
4

#### Für Maß-, Form- und Lagetolerierungen gibt es zwei verschiedene Tolerierungsgrundsätze. Nennen und erklären Sie diese.

##### Unabhängigkeitsbedingung:

Unabhängig von anderen Anforderungen muss jede einzelne Anforderung an ein Geometrieelement erfüllt werden. Dies bedeutet, dass jede in der Zeichnung eingetragene Maß-, Form- und Lagetoleranz unabhängig voneinander eingehalten werden muss.

Die Unabhängigkeitsbedingung kann bei zylinder- und kugelförmigen Geometrieelementen sowie planparallelen Passflächen durch die **Hüllbedingung** aufgehoben werden. Dazu wird das entsprechende Maß mit einem  $\textcircled{E}$  (E = Envelope, Hülle) gekennzeichnet. Dabei darf das maßlich tolerierte Geometrieelement die geometrisch ideale Hülle mit Maximum-Material-Grenzmaß nicht durchbrechen (Bild).



5

#### Wozu benötigt man Spezifikations-Modifikationssinnbilder für Größenmaße?

Mithilfe der Spezifikations-Modifikationssymbole können Konstrukteure Messgrößen und Messbedingungen für Größenmaße exakt festlegen.

Beispiele für Modifikationssinnbilder:

Lokale Maße  $\textcircled{LP}$  Globale Maße  $\textcircled{GN}$

6

#### In welche Gruppen können Längen- und Winkelgrößenmaße eingeteilt werden?

Längen- und Winkelmaße können eingeteilt werden in:

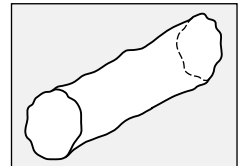
- lokale Größen ((LS), (LP)),
- globale Größen ((GX), (GN), (GG), (GC)),
- berechnete Größen ((CC), (CA), (CV)) oder
- statistische Größen ((SX), (SN), (SA), (SM), (SD), (SR), (SQ))

7

#### Erläutern Sie anhand von Beispielen die unterschiedlichen Arten von Größenmaßen.

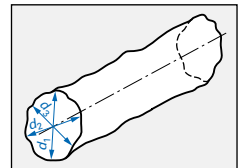
##### Beispiel:

Eine reale Welle als Geometrieelement (Bild). Die Unregelmäßigkeiten sind vergrößert dargestellt



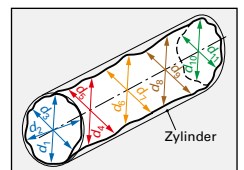
##### Lokale (örtliche) Größenmaße:

Ein lokales (örtliches) Größenmaß erhält man, wenn die Welle an einer Stelle z.B. mit einer Bügelmessschraube gemessen wird (Bild). Das ermittelte Maß (z.B.  $d_1$ ) ist ein Zweipunktgrößenmaß. Wird die Welle an einer anderen Stelle gemessen ( $d_2$  oder  $d_3$ ), können die ermittelten Werte voneinander abweichen.



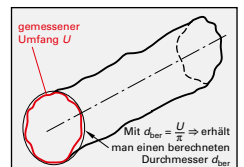
##### Globale Größenmaße:

Ein globales Größenmaß ist ein Größenmaß, das das ganze Werkstück umfasst und beschreibt. Man erhält es, wenn gleichmäßig über die Welle (Zylinderform) verteilt, die Durchmesser gemessen werden und daraus ein passendes Geometrieelement gebildet wird, z.B. ein Zylinder (Bild).



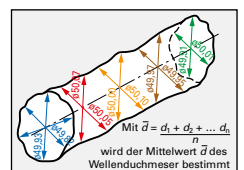
##### Berechnete Größenmaße:

Wird z.B. aus dem gemessenen Umfang der Welle der Durchmesser über die Formel  $d = \frac{U}{\pi}$  bestimmt (Bild), handelt es sich um ein berechnetes Größenmaß.



##### Statistische Größenmaße:

Werden z.B. bei einer Welle mehrere lokale Größenmaße ermittelt (Bild), lassen sich diese statistisch auswerten. Das so ermittelte Maß wird statistisches Größenmaß genannt.



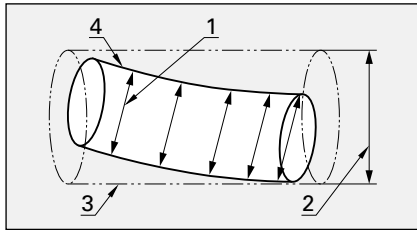
Hier wäre der Mittelwert

$$\bar{d} = \frac{49,93 + 49,82 + 50,07 + \dots + 49,91 + 50,01}{10} \text{ mm}$$

$$\bar{d} = 49,981 \text{ mm}$$

**8 Erklären Sie die Tolerierungsangabe einer Welle –  $\varnothing 30 0/-0,05 \text{ (E)}$  – sowie die damit verbundene Vorgabe für die Prüftechnik.**

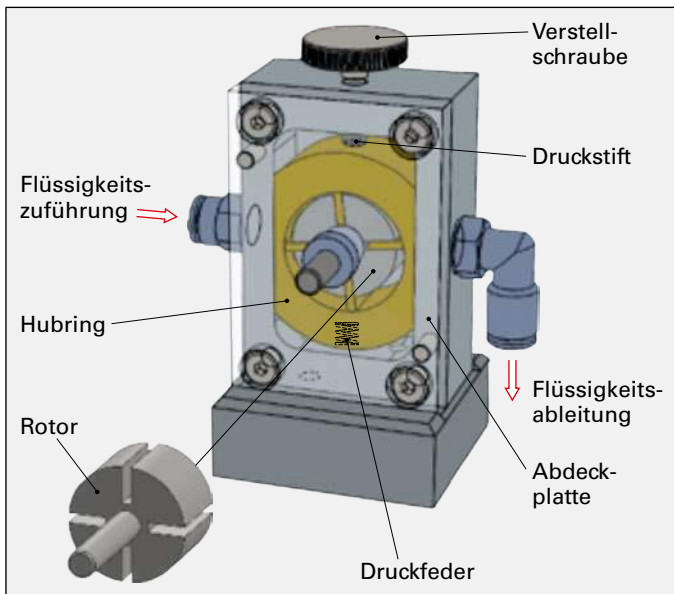
Die Welle wurde auf Paarung toleriert. Dazu wurde die Hüllbedingung nach ISO 14405-1 verwendet (E).



Für die Prüftechnik gilt folgende Vorgabe bei der Überprüfung der Welle (Bild):

Die Zweipunktgrößenmaße des  $\varnothing 30$  (1) müssen größer oder gleich 29,95 mm sein (Toleranzangabe  $\varnothing 30/-0,05$ ). Die Größe des Hüllzylinders ist  $\varnothing 30,00$  mm (2). Die Welle (4) liegt innerhalb des Hüllzylinders (3). Das Maß und die Form der Welle stehen hier in gegenseitiger Beziehung.

**9 Im folgenden Bild wird die Funktion einer Flügelzellenpumpe anhand eines 3D-Bildes gezeigt. Leiten Sie aus der Funktion des Hubrings die geometrischen Anforderungen an diesen so ab, dass dessen Funktion sichergestellt ist.**



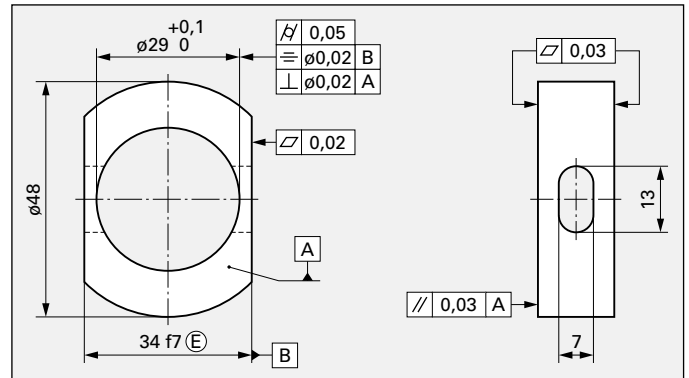
Die **Flügelzellenpumpe** (Bild) ist eine Verdrängerpumpe mit stufenlos einstellbarem Volumenstrom. Die Einstellung des Volumenstroms erfolgt durch die vertikale Verschiebung des Hubrings (Stators). Eine Feder im Sockel drückt über einen Zylinderstift den Hubring gegen die Stellschraube und hält ihn in der gewünschten Position. Der Rotor der Flügelzellenpumpe ist in zwei Gleitlagerbuchsen, die in das Gehäuse und in die Abdeckplatte eingepresst sind, drehbar gelagert. Die Abdeckplatte dichtet den Druckraum ab.

**Funktionswichtig ist/sind:**

- Die Parallelität der seitlichen Abflachungen des Hubrings
- Die präzise Zylinderform der Bohrung  $d = 29$  mm
- Die Spielpassung links und rechts zwischen den seitlichen Abflachungen des Hubrings und der Gehäuseinnenwände

- Die Spielpassung zwischen den Stirnflächen des Hubrings und der Innenflächen der Abdeckplatten
- Eine geringe Oberflächenrauheit, insbesondere bei den Gleitflächen.

**10 Erstellen Sie eine Skizze des Hubrings (Vorder- und Seitenansicht) mit den Maßen:  $D = 48$ , Breite  $b = 34$ , Dicke  $s = 16$ , Bohrung  $d = 29$ , Langloch  $l = 13$ ,  $b = 7$ .**



**• Ergänzende Fragen zur Geometrischen Produktspezifikation**

**11 Warum wird die Geometrische Produktspezifikation benötigt?**

Mithilfe der Geometrischen Produktspezifikation ISO-GPS werden die Maße des Werkstücks sowie die zulässigen Abweichungen durch Toleranzen mit Normen sowie durch Vorschriften für Messmethoden und Auswerteverfahren festgelegt.

Die ISO-GPS-Bemaßung dient der Kommunikation zwischen Entwicklung, Konstruktion, Fertigungsplanung einerseits und andererseits der Fertigung und Qualitätssicherung.

**12 In zwei technischen Zeichnungen sehen Sie die Maßangaben  $\varnothing 32h11$  und  $\varnothing 32h11 \text{ (E)}$ . Erklären Sie den Unterschied für die Verifizierung der Maßangaben.**

Beim Maß  $\varnothing 32h11$  muss das Maß zwischen zwei Punkten ermittelt werden (z. B. mit der Bügelmessschraube). Bei der Prüfung des Maßes  $\varnothing 32h11 \text{ (E)}$  bedeutet das (E) eine Hüllbedingung. Zur Verifizierung ist ein Lehrring für das obere Grenzabmaß und eine Rachenlehre für das untere Grenzabmaß erforderlich.

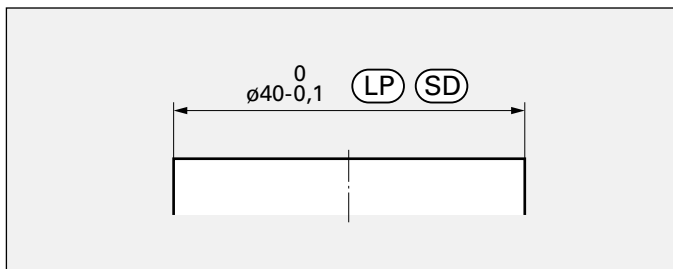
**13 Wie ist ein Toleranzindikator aufgebaut?**

Ein Toleranzindikator besteht aus zwei bis fünf Feldern in einer umrandeten Zeile – Beispiel:

$\oplus$	$\varnothing 0,05 \text{ (M)}$	A	B	C			
Sinnbild für das tolerierte Merkmal z. B. $\oplus$ Position	Toleranzzone evtl. mit zusätzlichem Modifikator z. B. $\varnothing 0,05 \text{ (M)}$ : Durchmesser-toleranz 0,05 Maximum	Bis zu drei Felder für die Angabe von Bezugslinien oder Flächen (Reihenfolge der Buchstaben nach Wichtigkeit) z. B. <table border="1"><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr></table> Bezug zu den Bezugselementen, z. B. den Ebenen A, B und C			A	B	C
A	B	C					

14

Was bedeuten die Toleranzangaben und die Spezifikationsmodifikatoren nach ISO-GPS im folgenden Bild?



$\overset{0}{\underset{-0,1}{\phi 40}}$   $G_{oW} = 40 \text{ mm} + 0,0 \text{ mm} = 40,0 \text{ mm}$   
 $G_{uW} = 40 \text{ mm} - 0,1 \text{ mm} = 39,9 \text{ mm}$

(LP) Es ist ein Zweipunktmaß (LP von engl. **L**ocal **P**oint, zu deutsch örtliche Größe)

(SD) Das Maß ist der Mittelwert der Spannweite (SD von engl. **S**tatistical **D**eviation, zu deutsch statistische Größe)

15

An einer Bauteilfläche steht der Toleranzindikator



Was bedeutet er?

⊥ Toleriertes Merkmal: Rechtwinkligkeit

0,05 Toleranz von 0,05 mm

A 1. Bezugsэлемент für den primären Bezug „A“

B-B 2. Bezugsэлемент für den sekundären Bezug „B-B“

[DV] Modifikation des Bezugs: Veränderlicher Abstand für gemeinsamen Bezug

Das tolerierte Element muss sowohl mit einer Toleranz von 0,05 mm senkrecht zum Bezugsэлемент A als auch zum Bezugsэлемент B-B stehen.

16

An der Bohrung eines Werkstückes steht die Angabe

$\phi 20 \pm 0,03 \text{ GX}$



Was bedeuten diese Angaben?

$\phi 20 \pm 0,03$   $G_{oW} = 20 \text{ mm} + 0,03 \text{ mm} = 20,03 \text{ mm}$   
 $G_{uW} = 20 \text{ mm} - 0,03 \text{ mm} = 19,97 \text{ mm}$

GX Pferchmaß (GX von engl. **g**lobal **m**aximum, zu deutsch größtes globales Maß)

⊕ Toleriertes Merkmal: Position

ø 0,06 Durchmesserertoleranz von 0,06 mm

A 1. Bezugsэлемент A

B 2. Bezugsэлемент B

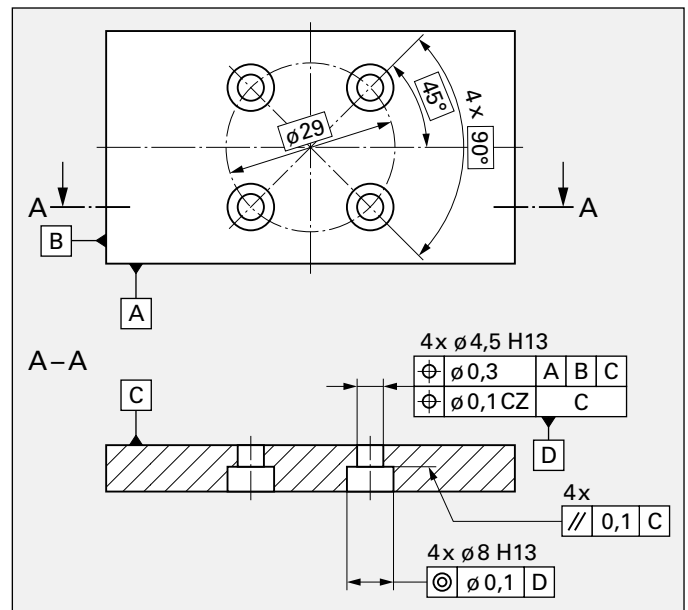
[DV] Modifikation des Bezugs: Veränderlicher Abstand des Ortes

[PL] Modifikation des Bezugs: Situationselement ist die Ebene

C 3. Bezugsэлемент C

17

Erklären Sie die Lagetoleranzen der Bohrungen der abgebildeten Grundplatte.



ø 29

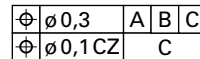
45°

90°

Theoretisch genaue Maße (TED) Diese Maße geben die geometrisch ideale Lage der Bohrungen auf der Grundplatte an.

4x ø 4,5 H13

Die vier Bohrungen haben einen Durchmesser von 4,5 mm und die Toleranzklasse H13.

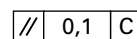


⊕ ø 0,3 A B C bedeutet

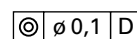
⊕	Toleriertes Merkmal: Position
ø 0,3	Durchmesserertoleranz 0,3 mm
A, B, C	Bezugsflächen A, B, C

⊕ ø 0,1 CZ C bedeutet

⊕	Toleriertes Merkmal: Position
ø 0,1	Durchmesserertoleranz 0,1 mm
CZ	Das Bohrbild bildet eine gemeinsame Toleranzzone mit der nebenstehenden Bohrung.
C	Bezugsfläche C



Die Senkungen müssen mit einer Toleranz von  $t = 0,1 \text{ mm}$  parallel zur Bezugsfläche C liegen.



Die vier Achsen der Senkungen müssen jeweils mit einer Durchmesserertoleranz  $t = 0,1 \text{ mm}$  koaxial (◎) zu den Achsen der Bohrungen mit dem Durchmesser 4,5 mm liegen.