



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

# Metalstechnik Fachstufe

## Arbeitsblätter – Lösungen

unterrichtsbegleitende, fächerübergreifende Aufgaben

**Autoren:**

Bernhard Schellmann      Wangen i. A

**Lektorat:**

Bernhard Schellmann      Wangen i. A

**Bildbearbeitung:**

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

5. Auflage 2020

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-1110-3

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

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Grafische Produktionen Neumann, 97222 Rimpar

Umschlag: MediaCreativ, G. Kuhl, 40724 Hilden

Druck: mediaprint solutions, 33100 Paderborn

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

Europa-Nr.: 17816

## Einführung

- Für wen ist das Buch?

Das Buch ist für alle, die sich mit der Technologie Metall und den Gebieten Technische Mathematik und Arbeitsplanung in der Ausbildung und im Unterricht auseinander setzen oder sich auf eine Prüfung im Metallbereich vorbereiten. Das Arbeitsheft ist für die Fachstufe der Berufsschule und das technische Gymnasium bzw. die Fachoberschulen geeignet. Die fünfte Auflage beinhaltet Normänderungen und aktualisierte Schnittdaten und neue Kennzeichnungen in der Steuerungstechnik.
- Was erwartet Sie?

Sie finden in den Arbeitsblättern, nach den Themengebieten zur Fachstufe der Metalltechnik geordnet, Fragestellungen, Arbeitsaufträge und Merksätze. Mit den Arbeitsblättern wird Fachwissen durch praxisnahe Aufgabenstellungen vermittelt und überprüft. Die Arbeitsblätter lassen sich als fachsystematischer Begleiter der Lernfelder 5-9 einsetzen.
- Wie sind die Blätter aufgebaut?

Der Schwerpunkt im Arbeitsheft liegt auf der Technologie. Die Themen werden fächerübergreifend mit Aufgaben aus der Technischen Mathematik und Arbeitsplanung ergänzt. Die einzelnen Fachgebiete sind mit drei verschiedenen Farben hervorgehoben:

Technologie – blau
Technische Mathematik – grün
Arbeitsplanung – gelb

Merksätze und wichtige Formeln sind rot unterlegt bzw. rot eingerahmt.

Die wichtigsten Formeln und Tabellen zur Lösung der Aufgaben finden Sie auf der Innenseite des vorderen Umschlags. Als weitere Lösungshilfe empfehlen wir das Tabellenbuch.

Die Themen schließen mit den weiterführenden Aufgaben ab, die auf einem separaten Blatt zu lösen sind.
- Für den Lehrer und Ausbilder

Alle Lösungsvorschläge sind im Lehrerheft enthalten. Die Aufgaben und Fragen können teilweise auch abweichend von der vorgegebenen Lösung bearbeitet werden.
- Die Korrektur zur **5. Auflage** wurde auf der Grundlage der neuesten Auflage des Tabellenbuches Metall des EUROPA-LEHRMITTEL-Verlages durchgeführt.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Bearbeiten der Themen!

Herbst 2020

Bernhard Schellmann

# Inhalte

●	Qualitätssicherung	
	Passungen	4
	Endmaße	6
	Winkelmessung	7
	Fühlhebelmessgerät	8
	Feinzeiger	9
	Rauheitskenngrößen	10
	Form- und Lagetoleranzen	12
	Qualitätsmanagement	14
	Qualitätskontrolle	16
●	Trenntechnik	
	Zerspanprozess	18
	Schneidstoffe	20
	Schnittkräfte	22
	Werkzeugmaschine	24
	Fräsen	26
	Schleifen	28
	Honen und Läppen	30
	Scherschneiden	32
	Thermisches Trennen und Erodieren	34
	Wasserstrahltechnik und Laserschneiden	36
●	Fügen	
	Welle-Nabe-Verbindung	38
	Schutzgasschweißen	40
	Kunststoffschweißen	42
●	Maschinentechnik	
	Lager	44
	Reibung und Schmierung	46
	Wellen, Achsen und Kupplungen	48
	Führungen und Achsantriebe	50
	Hauptantriebe und Motoren	52
	Zahnrad	54
	Riemen-, Zahnrad- und Kettentrieb	56
●	Werkstofftechnik	
	Normbezeichnungen von Eisenwerkstoffen	58
	Fe-Fe <sub>3</sub> C-Schaubild	60
	Wärmebehandlung von Stählen, Glühen und Härten	62
	Wärmebehandlung von Stählen, Oberflächenhärten und Vergüten	64
	Nichteisenmetalle	66
	Sinterwerkstoffe	68
	Korrosion, Korrosionsschutz	70
	Kunststoffe	72
	Härteprüfung	74
	Zugfestigkeitsprüfung und Kerbschlagbiegeversuch	76
	Technologische und zerstörungsfreie Prüfverfahren	78
●	Umformtechnik	
	Grundlagen der Umformtechnik	80
	Biegen und Biegeverfahren	82
	Druckumformen	84
	Zug-Druckumformen	85
	Gesensschmieden	86
●	Steuerungs- und Regelungstechnik	
	Steuern und Regeln	88
	Logische Verknüpfungen, SPS, Kontaktsteuerung und E-Pneumatik	90
	Pneumatische Steuerungen	92
	Hydraulische Steuerungen	94
●	Flexible Fertigung	
	Sensorik, Wegmessung	96
	CNC-Maschinen, CAD	98
	NC-Technik	100
	Handhabungstechnik	106
	Projektaufgabe Säulenbohrmaschine SSB 40	108
●	Lösungen zu den weiterführenden Aufgaben	112
	Firmenverzeichnis	120

1 Folgende Bilder zeigen Baugruppen mit unterschiedlichen Funktionen.

- Welche Funktionseinheiten sind abgebildet?
- Beschreiben Sie kurz die Funktion der aufgeführten Einzelteile.
- Geben Sie an, welche Eigenschaft/en die jeweilige Passung zwischen den Teilen aufweisen muss, um deren Funktion sicherzustellen, und geben Sie jeweils ein Beispiel an.



Bezeichnung der Funktionseinheit	Eisenbahnrad	Ottomotor	Reitstock
Relevante Teile	Rad und Radreifen	Kolben und Zylinderbohrung	Pinole und Reitstockbohrung
Funktion der Passung	Der Festsitz der Teile muss gewährleistet sein	Dauernde Beweglichkeit muss gewährleistet sein	Spielfreie Beweglichkeit muss gewährleistet sein
Eigenschaft/en	Gefügte Teile haben immer ein Übermaß	Gefügte Teile haben immer Spiel	Gefügte Teile haben geringes Spiel oder geringes Übermaß
Zu wählende Passungsart	Übermaßpassung	Spielpassung	Übergangspassung
Beispiel (Einheitsbohrung)	H8/u8	H6/g6	H7/h6

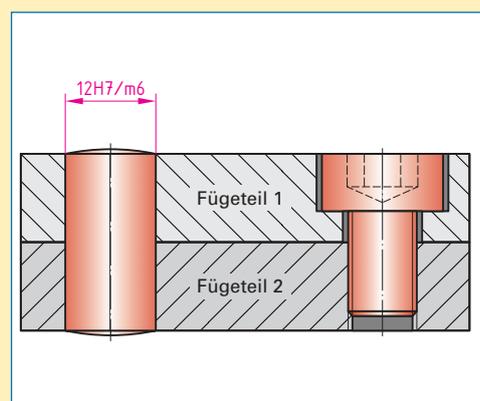
2 Sie sollen die Bohrungen mit Durchmesser  $d = 12H7$  für den Zylinderstift herstellen.

- Geben Sie das Höchst-, das Mindestmaß und die Toleranz für die Bohrungen an.

$$G_o = 12,018 \text{ mm} \quad G_u = 12,000 \text{ mm} \quad T = 0,018 \text{ mm}$$

- Welche Funktion hat der Zylinderstift?

Der Zylinderstift stellt die Position der Teile zueinander sicher.



- Welches Passmaß hat der Durchmesser des zugehörigen Zylinderstifts nach DIN EN ISO 28734?
- Geben Sie auch hierfür das Höchst-, das Mindestmaß und die Toleranz an.

$$d: 12m6 \quad G_o = 12,018 \text{ mm} \quad G_u = 12,007 \text{ mm} \quad T = 0,011 \text{ mm}$$

- Geben Sie die Grenzen von Spiel bzw. Übermaß dieser Passung an.

$$P_{SH} = +0,011 \text{ mm}$$

$$P_{UH} = -0,018 \text{ mm}$$

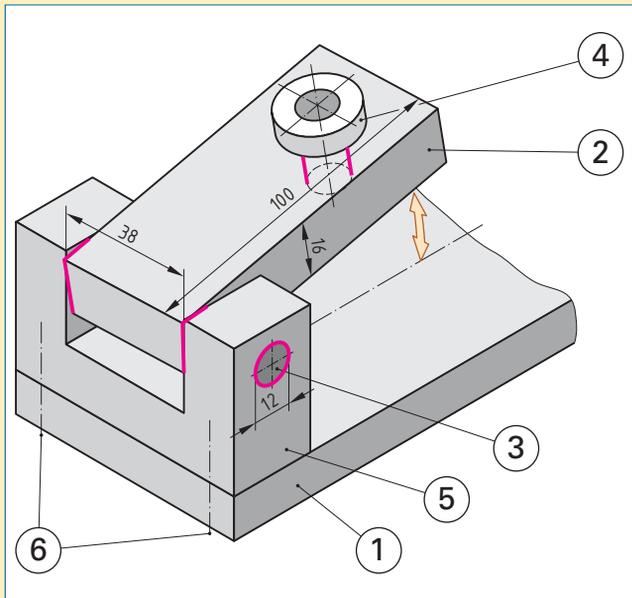
- Tragen Sie die vollständige Bemaßung der Passung in den Zeichnungsausschnitt ein.

3 Die Abbildung zeigt eine einfache Bohrvorrichtung.

- Geben Sie den einzelnen Teilen jeweils eine sinnvolle Bezeichnung.
- Kennzeichnen Sie die Stellen in der Zeichnung farblich, die als Passungen ausgeführt sein müssen.

4 Beschreiben Sie, welche Merkmale die Passun-

Teil Nr.	Bezeichnung
①	Grundplatte
②	Klappe
③	Zylinderstift
④	Bundbohrbuchse
⑤	Gabel
⑥	Zylinderschrauben (2)



gen in den folgenden zwei Beispielen aufweisen müssen, um die Funktion der Vorrichtung zu gewährleisten.

- Welche Passungsarten kommen zur Anwendung?

Passung zwischen	Merkmale	Passungsart
Teilen 4 u. 2	Bohrbuchse muss spielfrei und verdrehsicher sitzen.	Übergangspassung
Teilen 2 u. 5	Klappe muss sich mit wenig Spiel bewegen lassen.	Spielpassung

5 Wählen Sie jeweils eine geeignete Passung aus dem ISO-System für Grenzmaße und Passungen für die beiden Beispiele aus und geben Sie die zugehörigen Werte an.

Kurzzeichen	$G_{uW}$	$G_{oW}$	$G_{uB}$	$G_{oB}$	$P_{\bar{u}}/P_s$
Bedeutung	Mindestmaß der Welle	Höchstmaß der Welle	Mindestmaß der Bohrung	Höchstmaß der Bohrung	Spiel oder Übermaß
Passung					
18H7/n6	18,012 mm	18,023 mm	18,000 mm	18,018 mm	$P_{SH} = + 6 \mu\text{m}$ $P_{\bar{u}H} = - 23 \mu\text{m}$
38H7/f7	37,950 mm	37,975 mm	38,000 mm	38,025 mm	$P_{SM} = + 25 \mu\text{m}$ $P_{SH} = + 75 \mu\text{m}$

6 Welchen Vorteil bietet das Passungssystem Einheitsbohrung? Weniger Werkzeugeinsatz,

einfache Qualitätskontrolle durch den Einsatz von Lehren möglich,

Wellen sind einfacher »anzupassen« als Bohrungen

#### Weiterführende Aufgabe:

7 Wählen Sie für folgende Anwendungen jeweils eine geeignete Passung aus und geben Sie die Grenzen von Spiel oder Übermaß an: Kulissenstein in einer Führung für Nennmaß 20 mm, Lagerbuchse im Gehäuse für Nennmaß 54 mm, Schrumpfring auf einer Welle für Durchmesser 240 mm.

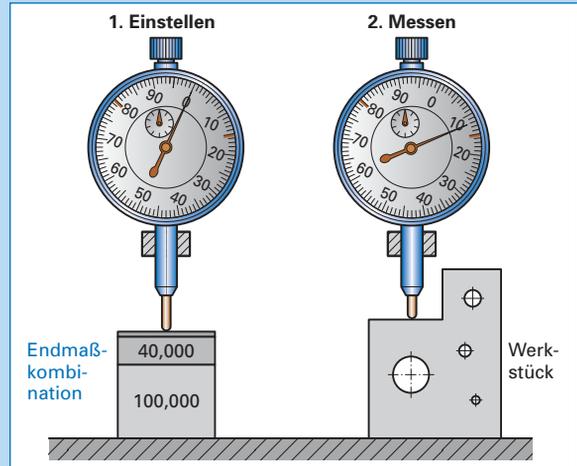
1 Die Höhe des Absatzes am abgebildeten Werkstück ist durch eine Unterschiedsmessung zu bestimmen. Zur Prüfung stehen eine Messuhr mit Stativ und ein Satz Endmaße zur Verfügung. Der Konstrukteur hat das Maß auf 142h9 festgelegt.

- Geben Sie Höchst- und Mindestmaß der Höhe an.

$G_o = 142,000 \text{ mm}$        $G_u = 141,900 \text{ mm}$

- Stellen Sie die Endmaßkombination des Nennmaßes zusammen:

100,000 mm
+ 40,000 mm
+ 2,000 mm



2 Die Unterschiedsmessung ergibt eine Anzeige auf der Messuhr von +0,12 mm.

- Bewerten Sie dieses Ergebnis! **Das Werkstück ist zu groß: Nacharbeit**
- Welche Vorteile hat es, wenn die Endmaßkombination möglichst gleich groß ist wie das zu prüfende Maß?

**Das verwendete Messgerät kann einen kleinen Skalenteilungswert haben, weniger Fehlerquellen  $\Rightarrow$  genauere Messergebnisse**

3 Ein großes Problem bei Messungen im Bereich von hundertstel Millimetern, oder noch genauer, stellt die Temperatur dar.

- Geben Sie die Formel an mit der Längenänderungen von Bauteilen in Abhängigkeit von ihrer Temperatur berechnet werden können:

$$\Delta l = \alpha \cdot l_1 \cdot \Delta \vartheta$$

Welche Eigenschaft beschreibt der Längenausdehnungskoeffizient?

**Eine auf die Ausgangslänge  $l_1$  bezogene Längenänderung  $\Delta l$  je Kelvin.**

4 Geben Sie drei unterschiedliche Werkstoffe an, aus denen Endmaße hergestellt werden.

**gehärteter Stahl, Hartmetall  
Keramik**



- Berechnen Sie die Längenänderung für die Endmaßkombination für die Werkstoffe gehärteter Stahl und Hartmetall. Die Ausgangslänge beträgt 142,000 mm. Der Temperaturunterschied beträgt  $\Delta \vartheta = 18 \text{ K}$ .

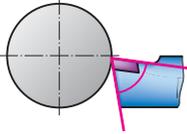
$\Delta l_{\text{st}} = \alpha_{\text{st}} \cdot l_1 \cdot \Delta \vartheta = 0,000161 \frac{1}{\text{K}} \cdot 142 \text{ mm} \cdot 18 \text{ K} = 0,41 \text{ mm} = 41 \mu\text{m}$
$\Delta l_{\text{HM}} = \alpha_{\text{HM}} \cdot l_1 \cdot \Delta \vartheta = 0,000005 \frac{1}{\text{K}} \cdot 142 \text{ mm} \cdot 18 \text{ K} = 0,013 \text{ mm} = 13 \mu\text{m}$

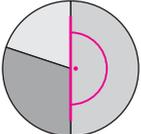
5 Welche Folgerung für die Praxis ergeben sich aus diesen Rechenergebnissen?

**Prüfgeräte und Werkstücke sollten keiner direkten Wärmeeinwirkung ausgesetzt werden. Der Temperatureinfluss ist bei HM und Keramik deutlich kleiner als bei Stahl.**

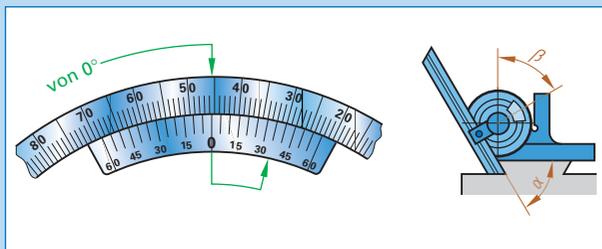
1 Beim Umgang mit Winkeln werden unterschiedliche Bezeichnungen für verschieden große Winkel benutzt.

- Ergänzen Sie die Tabellen. Kennzeichnen Sie den entsprechenden Winkel im Bild farbig.

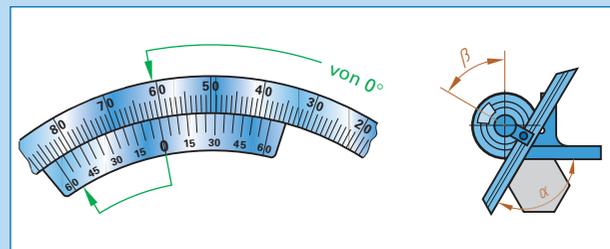
Bezeichnung	Spitzer Winkel	Rechter Winkel	Stumpfer Winkel
Gradzahl	$\alpha < 90^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$90^\circ < \alpha < 180^\circ$
Anwendungsbeispiel			
Winkelbeschreibung	Keilwinkel eines HM-Drehmeißels für Stahl	rechtwinkliges Prisma	Spitzenwinkel eines Bohrers

Bezeichnung	Gestreckter Winkel	Überstumpfer Winkel	Vollwinkel
Gradzahl	$\alpha = 180^\circ$	$180^\circ < \alpha < 360^\circ$	$\alpha = 360^\circ$
Anwendungsbeispiel			
Winkelbeschreibung	50 % Anteil eines Kreisdiagramms	Schwalbenschwanzführung	eine volle Teilkurbelumdrehung

2 Lesen Sie die Anzeigen des Universalwinkelmessers ab und tragen Sie den jeweiligen Messwert auf der Linie unter dem Bild ein. Die Ablesegenauigkeit beträgt 5 Gradminuten.



Messwert:  $\alpha = 54^\circ 35'$



Messwert:  $\alpha = 119^\circ 5'$

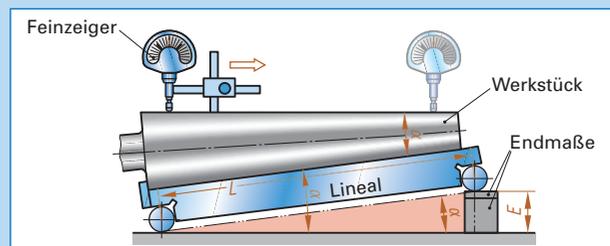
3 Der Morsekegel MK 2, Form B, eines Bohrers löst sich ständig aus seiner Aufnahme in der Bohrmaschine. Um die Ursache für diese Fehlfunktion einzugrenzen, soll der Winkel des Morsekegels mit Hilfe eines Sinuslineals überprüft werden.

- Welchen Kegelwinkel  $\alpha$  müsste der Schaft haben?

$$\alpha = 2 \cdot \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 1,431^\circ = 2,862^\circ$$

- Wie lautet die Formel zur Berechnung der erforderlichen Endmaßhöhe?

$$E = l \cdot \sin \alpha$$



- Berechnen Sie die Höhe zur Prüfung des Morsekegels. Länge des Sinuslineals sei  $l = 100$  mm.

$$E = l \cdot \sin \alpha = 100 \text{ mm} \cdot \sin 2,862^\circ = 4,993 \text{ mm}$$

- Zeichnen Sie den Morsekegel im Maßstab 2:1 auf einen Zeichenkarton. Brechen Sie die Darstellung 5 mm nach dem Kegelschaft ab und bemaßen Sie die Zeichnung.

Lösung zur Aufgabe s. S. 112

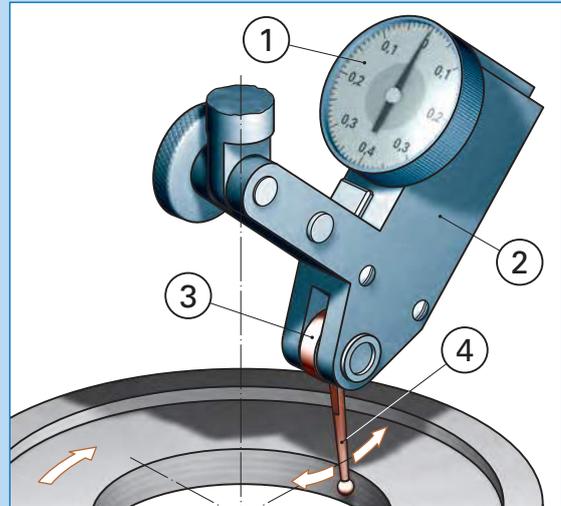
1 In der Grundstufe haben Sie die Messuhr kennen gelernt. Zur Vermessung von Bohrungen und Nuten, deren Durchmesser bzw. deren Breite geringer als 100 mm ist, eignet sich die Messuhr nur bedingt. Genau dieser Fall tritt aber sehr häufig ein. Deshalb wurde ein für diese Zwecke besser geeignetes Messgerät entwickelt, das Fühlhebelmessgerät.

• Nennen Sie die Werkstattbezeichnung für das Fühlhebelmessgerät:

Puppitast

• Geben Sie die Bezeichnungen der gekennzeichneten Teile des Fühlhebelmessgerätes an.

- |               |                  |
|---------------|------------------|
| ① Zifferblatt | ③ Rutschkupplung |
| ② Gehäuse     | ④ Taster         |



• Welche Funktionen hat Teil Nr. 3? Überlastschutz, Messwertübertragung

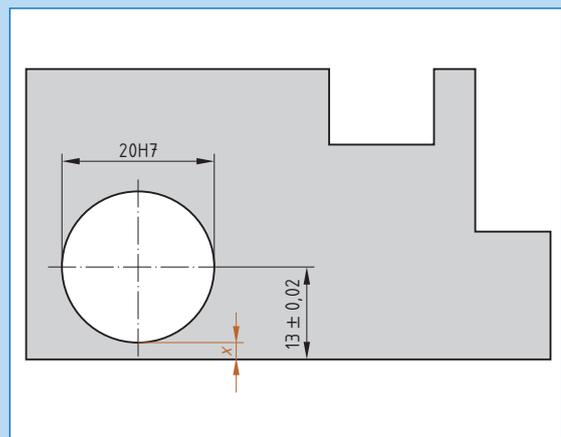
2 Die Höhe der Bohrungsachse ( $13 \pm 0,02$  mm) ist zu vermessen.

• Welche Prüfwerkzeuge benötigen Sie zur Durchführung dieser Messung?

Innenmessschraube, Stativ,  
Fühlhebelmessgerät, Endmaße

• Beschreiben Sie den Vorgang stichwortartig.

Istdurchmesser der Bohrung messen;  
tiefsten Punkt der Bohrung messen;  
Achshöhe der Bohrung berechnen



3 Sie stellen fest: Istdurchmesser der Bohrung  $d_B = 20,01$  mm; tiefster Punkt der Bohrung  $x = 2,96$  mm.

• Berechnen Sie, ob die Bohrungsachse innerhalb der vorgeschriebenen Toleranz liegt.

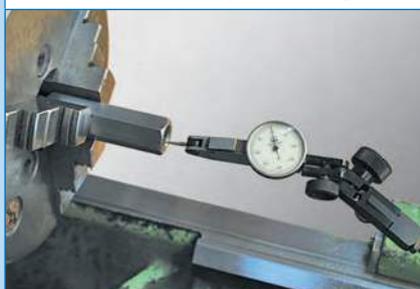
$$\text{Achshöhe } a = \text{Prüfmaß} + \text{Bohrungshalbmesser} = x + \frac{d_B}{2}$$

$$a = 2,96 \text{ mm} + \frac{20,01 \text{ mm}}{2} = \underline{\underline{12,965 \text{ mm}}}$$

Ergebnis: Die Bohrungsachse befindet sich außerhalb der Toleranz.

4 Geben Sie an, zu welchem Zweck das Fühlhebelmessgerät in den folgenden Beispielen eingesetzt wird.

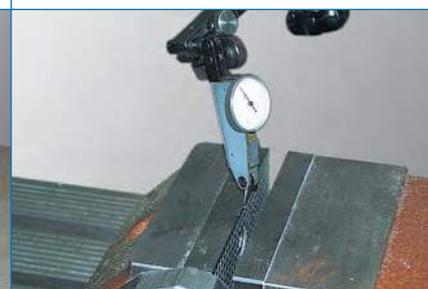
Rundlaufprüfung



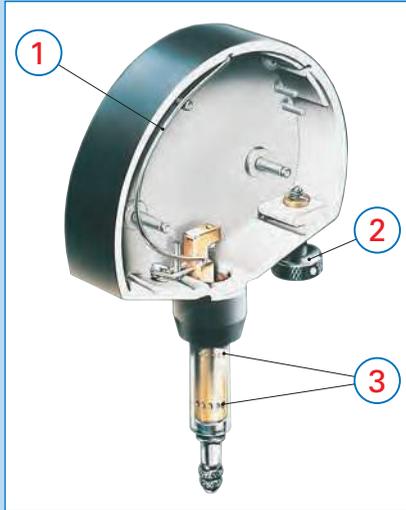
Prüfen einer Bohrung



Ausrichten d. Schraubst.



1 Wir sehen einen mechanischen Feinzeiger in seine drei Hauptbaugruppen zerlegt. Lösen Sie die nachfolgenden Aufgaben.



• Welches Bauteil stellt eine gleichbleibende Messkraft über den Messbereich sicher?

**Die Stabfeder**

• Markieren Sie dieses Bauteil mit einer ①.

• Kennzeichnen Sie die Feineinstellschraube mit einer ②.

• Wozu dient diese? **Festlegung des Nullpunkts**

**vor der Messung**

• Durch welche Art der Führung wird die achsparallele Bewegung des Messbolzens sichergestellt?

**Kugelführung**

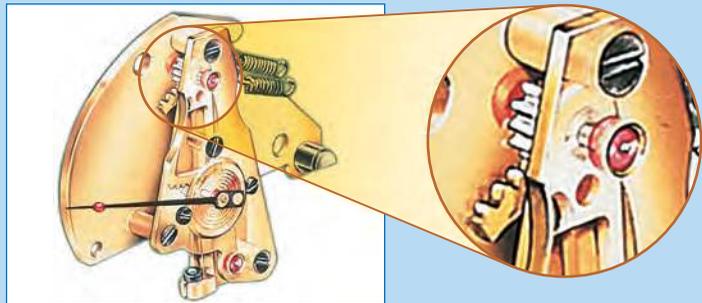
• Markieren Sie die Lagerung des Messbolzens mit einer ③.

2 Wie wird eine reibungsarme und spielfreie Funktionsweise des Messwerks erreicht?

**Lagerung in Rubinen**

• Welchen weiteren Vorteil bietet diese Konstruktion?

**wenig Verschleiß**



3 Markieren Sie die verstellbaren Toleranzmarken mit einer ④.

• Wie groß ist die Skalenteilung bei mechanischen Feinzeigern?

$$\frac{1}{1000} \text{ mm} = 1 \text{ } \mu\text{m} \text{ (oder: } 2 \text{ } \mu\text{m)}$$

• Durch welches äußere Merkmal unterscheidet sich der Feinzeiger von analogen Messuhren?

**Es ist keine volle Zeigerumdrehung möglich**



4 Welche Vorteile bieten jeweils mechanische Feinzeiger bzw. digitale Ausführungen dieser Feinmessgeräte?

Vorteile von mechanischen Feinzeigern	Vorteile von digitalen Feinzeigern
<b>sehr robust</b>	<b>eindeutige Anzeige</b>
<b>keine springenden Werte</b>	<b>größere Flexibilität</b>



5 Übersetzen Sie das englische Wort »RANGE« ins Deutsche.

**»Reichweite« ≙ Größe des Messbereichs**

• Wozu dient der so bezeichnete Knopf auf dem Feinzeiger?

**Einstellung von Messbereich und Skalenteilung**

1 An diesem Kegelradgetriebe (Draufsicht im Schnitt) trat nach sehr kurzer Betriebszeit zwischen den Teilen 14 und 15 Getriebeöl aus.

- Benennen Sie die beiden Teile.

Teil 14: **Radialwellendichtring**

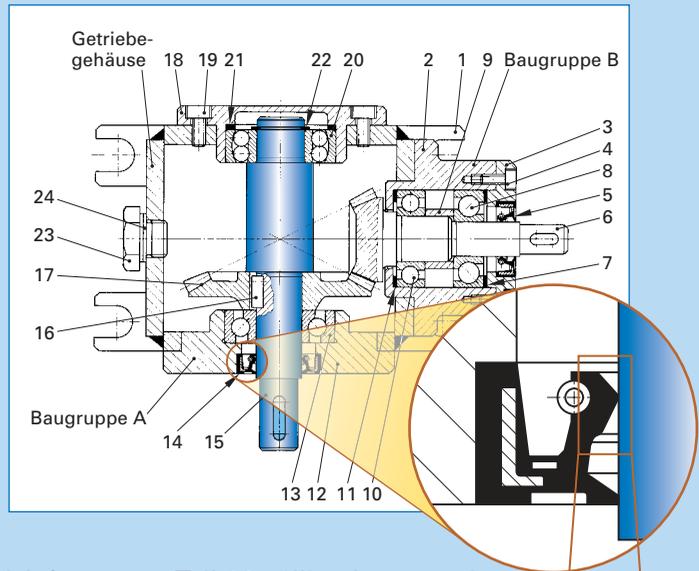
Teil 15: **Getriebewelle**

- Nennen Sie drei mögliche Ursachen für das Austreten von Öl an dieser Stelle.

**Welle läuft unrund**

**Dichtring wurde beschädigt**

**Dichtlippe ist abgenutzt**



2 Bei genauerem Betrachten fällt auf, dass die Dichtkante von Teil 14 völlig abgenutzt ist.

- Welche Ursachen sind für diese Art des Versagens von Teil 14 sehr wahrscheinlich?

**Die Oberfläche der Welle ist zu rau. Sie wurde offensichtlich nicht fachgerecht geschliffen.**

**Der Dichtungseinbau wurde unsachgemäß durchgeführt.**

3 Das Istprofil dieser Werkstückoberfläche wird stark vergrößert dargestellt. In einem zweiten Schritt wurde dieses Istprofil in die 4 Ordnungen seiner Gestaltabweichungen gefiltert.

- Bezeichnen Sie die Art der jeweiligen Gestaltabweichung.
- Geben Sie eine Ursache für die Entstehung der jeweiligen Gestaltabweichung an.
- Geben Sie qualitativ an, in welcher Richtung die vorgegebenen Größen verändert werden müssen, um eine Verbesserung des Arbeitsergebnisses zu erreichen.
- Tragen Sie auf die Maßpfeile im Istprofil die entsprechenden Größen ein.

Istprofil der Oberfläche	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span><u>Riefenabstand</u></span> <span><u>Rillenabstand</u></span> <span><u>Wellenabstand</u></span> </div>			
1.-4. Ordnung	Gestaltabweichung der 1. Ordnung	Gestaltabweichung der 2. Ordnung	Gestaltabweichung der 3. Ordnung	Gestaltabweichung der 4. Ordnung
gefilterte Darstellung				
Art der Gestaltabweichung	Unebenheit	<b>Wellen</b>	<b>Rillen</b>	<b>Riefen</b>
Entstehungsursache	Durchbiegung	<b>Schwingungen</b>	<b>Vorschub</b>	<b>Spanbildung</b>
Abhilfe	Steifigkeit der Bearbeitung $\uparrow$	Drehzahl $\uparrow$ oder $\downarrow$	Vorschub $\downarrow$ Eckenradius $\uparrow$	Schnittgeschw. $\uparrow$ Spanwinkel $\uparrow$

4 Welche dieser Gestaltabweichungen wirken sich auf die Lebensdauer der Dichtkante aus?

**alle, besonders Rillen und Riefen**

- 5 Für technische Werkstückoberflächen von Bedeutung sind die Oberflächenkenngrößen Rz und Ra
- Wie lautet die vollständige Bezeichnung dieser beiden Werte?

Rz bedeutet: **größte Profilhöhe**

Ra bedeutet: **arithmetischer Mittelwert der Profilordinaten**

- 6 Sie sehen das Rauheitsprofil einer durch Zerspanung hergestellten Oberfläche.
- Wodurch unterscheidet sich das Rauheitsprofil vom Istprofil?

**Das Istprofil enthält alle Gestaltabweichungen;  
das Rauheitsprofil nur die der 3. und 4. Ordnung.**

- Bestimmen Sie in der Abbildung zeichnerisch die Einzelrautiefen  $Z_1 \dots Z_5$



- Berechnen Sie den  $R_z$ -Wert

$$R_z = \frac{1}{n} (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n)$$

$$R_z = \frac{1}{5} (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)$$

$$R_z = \frac{1}{5} (8 + 17,5 + 14,5 + 14 + 10,5) \mu\text{m}$$

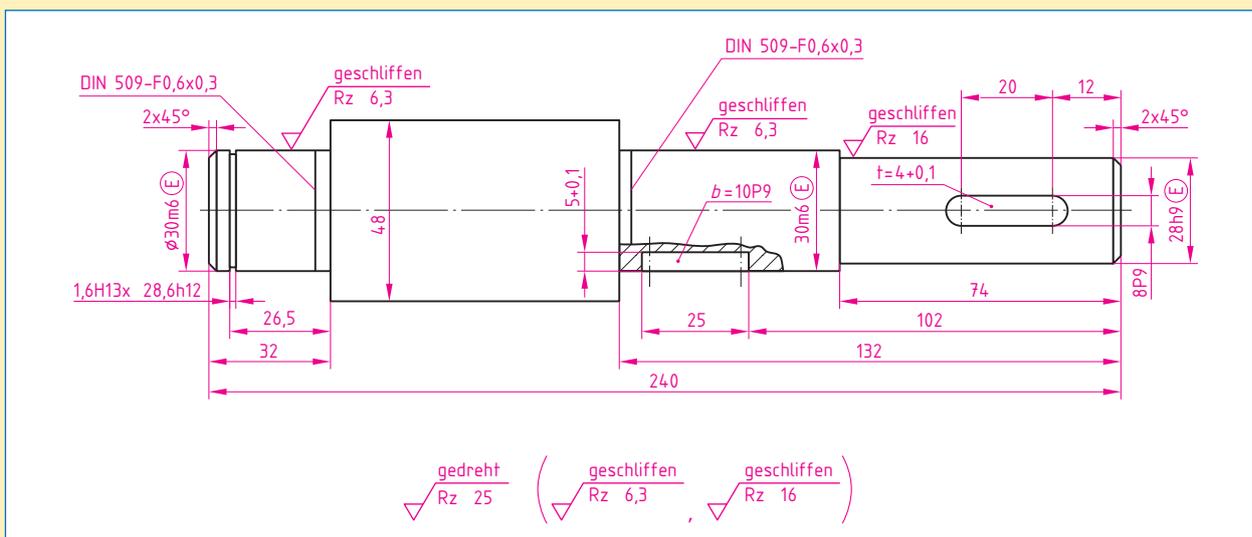
$$R_z = 12,9 \mu\text{m} \quad 13 \mu\text{m}$$

- 7 Welche Prüfmittel können zur Erstellung eines Rauheitsprofils verwendet werden?

**Tastschnittgerät, Lichtschnittgerät**

- 8 Die Abbildung zeigt die Kontur der Getriebewelle, Teil 15, im Maßstab 1:2.

- Vervollständigen Sie die Zeichnung.
- Messen Sie die Maße aus der Zeichnung heraus und runden Sie auf ganze Millimeter. Passmaße und Oberflächenangaben ermitteln Sie mit Hilfe ihres Tabellenbuchs. Beachten Sie hierbei, dass Dichtflächen und Lagersitze rundgeschliffen werden. Die Dichtfläche wird mit besonderer Sorgfalt gefertigt.



### Weiterführende Aufgabe

- Wie wird der Mittenrauwert Ra ermittelt?
- Durch das Fertigungsverfahren Honen kann man einen Einlaufvorgang vorwegnehmen. Erklären Sie diese Aussage. Zeichnen Sie zur Untermauerung Ihrer Erklärung entsprechende Rauheitsprofile.
- Fertigen Sie zu diesen beiden Rauheitsprofilen die entsprechenden Tragkurven nach Abbot an.
- Welche Auswirkungen für Ra, Rz und  $R_{max}$  ergeben sich, wenn quer zur Oberflächenmessstrecke ein schmaler, aber tiefer Kratzer verläuft?

1 In ihrer praktischen Grundausbildung Metall benutzten Sie sehr häufig einen Haarwinkel zum Prüfen von Werkstücken. Welche Eigenschaften der Werkstücke werden mit dem Haarwinkel geprüft?

**Winkligkeit**

**Ebenheit**

Wieso ist es für die Führungen der später montierten Schleifmaschine wichtig, dass die oben angeführten Eigenschaften besonders gut ausgeprägt sind?

**Die Winkligkeit und Ebenheit**

**der Führungen überträgt sich**

**auf die Eigenschaften am Werkstück.**

**Größere Auflage der Führungen ergibt**

**weniger Verschleiß.**



Geben Sie an, worin sich diese beiden Merkmale grundsätzlich unterscheiden.

**Die Ebenheit gibt die Form einer Fläche an. Die Winkligkeit legt**

**die Lage zweier Flächen in Bezug zueinander fest.**

2 Mit einer 3-D-Messmaschine können geriebene Bohrungen in einer Grundplatte geprüft werden. Da die Bohrungen eine Tiefe  $t > 2 \times$  Bohrungsdurchmesser haben, ertastet die Maschine je 4 Punkte in zwei Ebenen der Bohrung. Die Ebenen befinden sich am Anfang und am Ende der Bohrung, senkrecht zur Bohrungsachse.



Welche Angaben zur Bohrung können auf diese Weise bestimmt werden?

**Die Messmaschine kann den Durchmesser, die Form und**

**die Achslage der Bohrung berechnen.**

3 Die Zeichnungen zeigen den Sollzustand der geriebenen Bohrungen in Schnittdarstellung. Die grünen Punkte zeigen die Messpunkte der Messmaschine bei drei Bohrungen.

Zeichnen Sie die Ist-Kontur der jeweiligen Bohrung unter Zuhilfenahme der Messpunkte.

Welche Eigenschaft der jeweiligen Bohrung ist fehlerhaft?

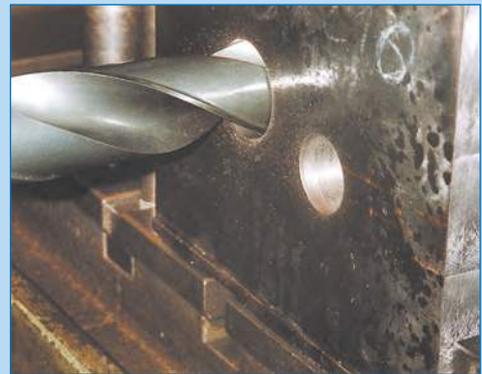
Wodurch könnte der Bohrungsfehler entstanden sein?

Durch welche Maßnahme kann der Einrichter der Maschine den Fehler abstellen?

Soll/Ist-Zustand der Bohrung			
Fehlerhafte Eigenschaft	Bohrungsdurchmesser ist zu klein	Die Bohrung ist konisch	Achsrichtung verläuft schräg
Ursache	Reibahle ist abgenutzt	Die Reibahle ist konisch verschlissen	Vorrichtung ist nicht ausgerichtet
Abhilfe	Reibahle erneuern	Reibahle erneuern	Vorrichtung vermessen u. ausrichten

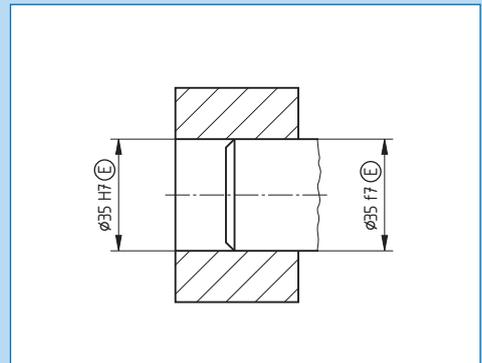
- 4 Die Lagerbohrungen eines Getriebes werden hergestellt. Zählen Sie Form- und Lagefehler auf, die hierbei entstehen könnten, und nennen Sie deren Auswirkungen auf die Lager bzw. auf die Zahnräder.

Form- oder Lagefehler	Auswirkung auf Lager oder Zahnradpaar
Bohrung ist unrund	ungleiche Lagerbelastung
Bohrung ist konisch	einseitige Lagerbelastung
Achsen sind nicht parallel	Druck auf Lager u. Zahnrad
Achsabstand ist falsch	Spiel oder Druck
Achsparell, aber schräg	axialer Zahnradversatz



- 5 Welche Bedeutung hat der Eintrag (E) nach der Maßangabe in einer Teilzeichnung?

Für die zu fügenden Bauteile ist die Hüllbedingung anzuwenden. Dadurch sind die Formabweichungen in den Maßtoleranzen eingeschlossen.



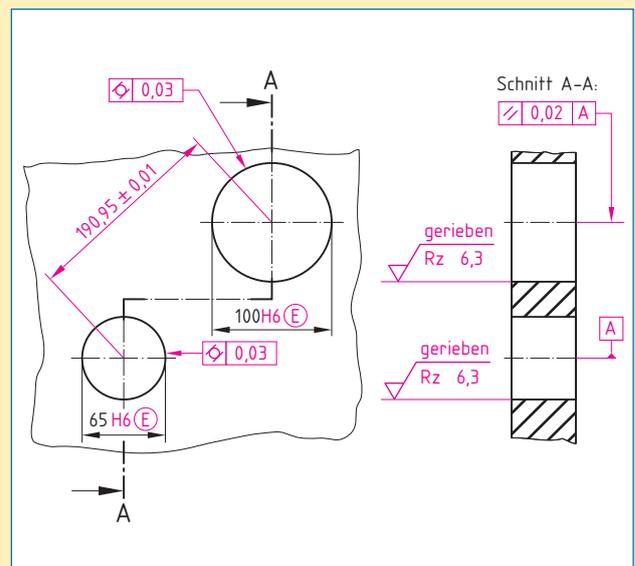
- 6 Welche weiteren Bearbeitungsschritte nach dem Bohren sind notwendig, um eine Lagerbohrung mit der erforderlichen Maßhaltigkeit zu erhalten?

Die Bohrungen sollten gerieben oder ausgedreht werden.

Für höhere Anforderungen muss auch gehont werden.

- 7 Der Zeichnungsausschnitt zeigt maßstäblich den Teil der Getriebewandung, in dem sich die Lagerbohrungen der Zahnradwellen befinden.

- Tragen Sie einen Toleranzrahmen in die Zeichnung ein, der festlegt, dass die Bohrungsachsen nicht mehr als  $\frac{2}{100}$  mm Parallelitätsabweichung haben dürfen.
- Legen Sie die Zylinderform der Bohrungen auf  $\frac{3}{100}$  mm fest.
- Tragen Sie die Oberflächenzeichen für geriebene Bohrungen in die Zeichnung ein.
- Tragen Sie Ihr oben berechnetes Stichmaß mit Toleranzangabe der Bohrungen in die Zeichnung ein.
- Tolerieren Sie die Bohrungsdurchmesser und den Achsabstand mit Passmaßangaben.



### Weiterführende Aufgaben:

- Wie viele Messpunkte benötigt eine 3-D-Messmaschine mindestens, um eine Bohrung im Raum festzulegen?
- Warum ist es sinnvoll, mehr Messpunkte in einer Bohrung aufzunehmen?
- Welchen Normalmodul hätten die Zahnräder in Aufgabe 5, wenn sie keinen Schrägungswinkel von  $19,5^\circ$  aufweisen würden?

1 Das Bild zeigt einen Batterietester, dessen Akkupack undicht wurde. Somit sickerte Säure ins Innere des Geräts. Die Akkus waren erst wenige Wochen alt. Der Batterietester ist unbrauchbar.

- Nennen Sie mögliche Gründe für die Leckage der Akkus.

Der Batterietester wurde schon längere Zeit nicht benutzt.  
Eine mechanische Beschädigung liegt vor. Der Batterietester war längere Zeit eingeschaltet und die Batterien wurden warm. Ein Produktionsfehler bei den Akkus liegt vor.



2 Drei Tage später erscheint folgender Zeitungsartikel in der Tagespresse:

- Welche Gedanken gehen Ihnen als Betroffenen durch den Kopf?

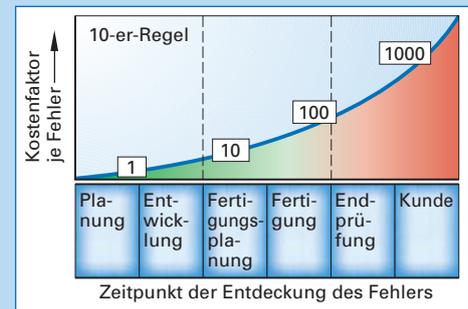
z.B. »Es war nicht meine Schuld«  
»Schlechte Firma«  
»Ich will Schadenersatz«

**Rückrufaktion!**

... Die Akkumulatoren der Firma ALLAKKU, die bundesweit in Elektrofachgeschäften im Verkauf sind, weisen Produktionsfehler auf. Leckagen der Akkuzellen können nicht ausgeschlossen werden. Die Zerstörung des Elektrogeräts kann die Folge sein. Alle Akkus sollten umgehend im Fachhandel getauscht werden. Schadenersatzansprüche richten Sie an Ihren Fachhändler. ...

3 Warum ist so ein Vorgehen die »schlechteste Art der Fehlerbeseitigung«?

Hohe Kosten für die Fehlerbeseitigung  
Haftungsansprüche des Kunden  
Schwerer Imageverlust  
Eventuell geht der Kunde verloren



4 Die vier dargestellten Oberbegriffe beeinflussen die Produktqualität entscheidend.

- Ergänzen Sie die Tabellen mit weiteren passenden Unterpunkten.
- Markieren Sie zu jedem Punkt, ob ein Unternehmen freiwillig (f) oder unter Zwang (z) darauf reagiert.

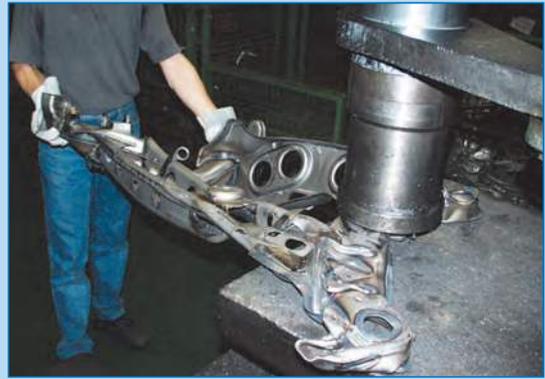
	f	z
Kundenerwartungen		
Geringe Betriebskosten	x	
Ein Mehr an Leistung	x	
Zuverlässigkeit	x	
Preisvorteil	x	

Unternehmensziel	f	z
Kundenzufriedenheit	x	x
Mitarbeiterzufriedenheit	x	
Wirtschaftlichkeit		x
Marktakzeptanz		x

Wettbewerb	f	z
Kostendruck	x	x
neue Verfahren	x	x
neue Produkte	x	
kurze Innovationszeiten	x	x

Gesetze und Vorschriften	f	z
Normen		x
Arbeitssicherheit		x
Produktsicherheit		x
Umweltschutz	x	x

5 Die Abbildung zeigt das Ergebnis einer zerstörenden Prüfung von Automobilteilen. Das Prüfteil wird der Schweißstraße entnommen und bis zum Versagen der Schweißnähte belastet.



- Warum wird hier nur stichprobenartig geprüft?

Weil alle geprüften Teile bei der Prüfung zerstört werden.

- Erklären Sie die Methode, die hinter der stichprobenartigen Prüfung von Serienbauteilen steckt.

Man vertraut darauf, dass die Teile, die zwischen zwei als Gutteile geprüften Stichproben gefertigt wurden, ebenfalls Gutteile sind.

- Zählen Sie Gründe auf, warum es sinnvoll ist, auch »normale« Längenmessungen an Serienteilen nur stichprobenartig durchzuführen.

schnellere Produktion

Kostenersparnis

keine Qualitätseinbuße

- Welche Bedingung muss für einen Fertigungsprozess gelten, um nur stichprobenartig zu prüfen?

Die Streuung der Prüfwerte muss gering sein.

6 Diese Voraussetzung können Sie nur erfüllen, wenn Sie die 5 M-Einflüsse, die auf einen Fertigungsablauf einwirken, kennen.

- Zählen Sie weitere Eigenschaften auf, die hinter diesen Einflüssen stecken.

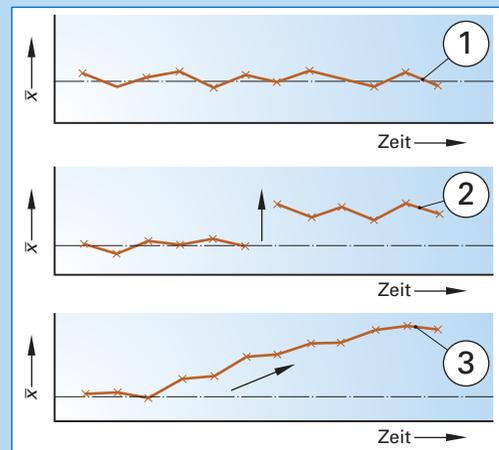
Material	Maschine	Methode	Mensch	Mitwelt (Umwelt)
Festigkeit	Steifigkeit	Fertigungsverfahren	Konzentration	Temperatur
Härte	positioniergenau	Arbeitsfolge	Qualifikation	Helligkeit
Abmessungen	Rundlauf	Prüfbedingungen	Belastung	Lärmpegel
Spannungen	Führungen		Verantwortungsgefühl	Gase
Einschlüsse	Schmierung			Stäube
Poren			körp. Verfassung	Erschütterung

7 Sie sehen das Ergebnis dreier Messreihen.

- Tragen Sie ein, welche Reihe nur von zufälligen Einflüssen geprägt ist und welche Reihe durch einen systematischen Einfluss zustande kam.

- Geben Sie eine Ursache für jede Grafik an, weshalb der Verlauf der Messreihe so aussehen könnte.

Nr.	Art der Einflüsse	Mögliche Ursache
①	zufällig	z.B. Härte/Zugfestigkeit
②	systematisch	z.B. Werkzeugwechsel
③	systematisch	z.B. Maschinenerwärmung



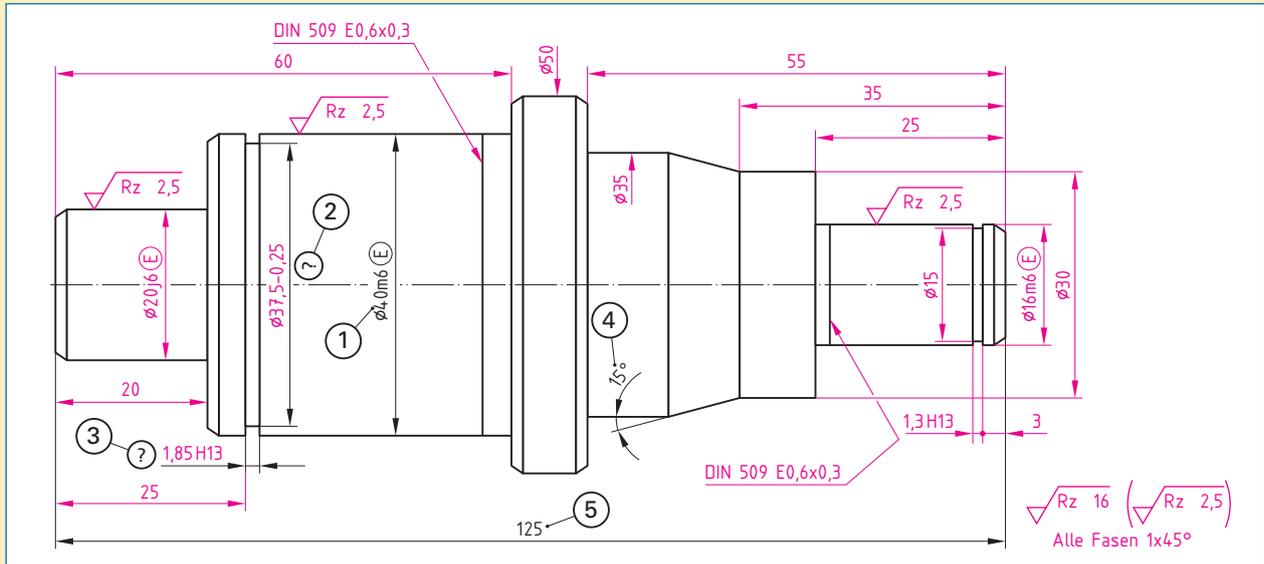
**Weiterführende Aufgaben:**

8 Umweltschutzbezogene Qualitätsmerkmale spielen eine immer bedeutsamere Rolle beim Kunden. Zählen Sie solche Merkmale auf, die jeder Hersteller anstreben sollte.

9 Warum sollte sich heutzutage jedes Unternehmen nach DIN EN ISO 9001 zertifizieren lassen?

10 Geben Sie ein Beispiel für vorbeugende Qualitätssicherung aus Ihrem Unternehmen.

1 Vervollständigen Sie die fertigungsgerechte Bemaßung des Drehteils. Messen Sie die fehlenden Zahlenwerte aus der Zeichnung heraus (M 1:1) und runden Sie auf ganze Millimeter.



2 Das Drehteil muss an den gekennzeichneten Stellen (①–⑤) stichprobenartig geprüft werden.

• Ergänzen Sie die Prüfanweisung für diese Prüfvorgänge.

Prüf-schritt	Prüfmerkmal	Anforderung Maß	Grenzabmaße	Prüfum-fang	Prüfmittel
①	Durchmesser	40m6	+ 25 µm + 9 µm	10% (jedes 10. Teil)	Messschraube
②	Nutdurchmesser	37,5 mm	0 mm - 0,25 mm	20% (jedes 5. Teil)	Messschieber
③	Nutbreite	1,85 mm	+ 0,14 mm 0 mm	10%	Fühlerlehre
④	Kegelwinkel	30°	± 30	25%	z. B. Kegelscha-blone
⑤	Gesamtlänge	125 mm	± 0,5 mm	25%	Messschieber

3 Der Außendurchmesser 40f7 der feinbearbeiteten Wellen wird mittels einer digitalen Messschraube stichprobenartig geprüft. Ca. alle 30 Minuten werden aus der Serienfertigung 3 Serienteile entnommen (Prüflos). Diese werden gemessen und der Mittelwert der Messergebnisse wird in die Qualitätsregelkarte eingetragen.

• Geben Sie die Formel zur Ermittlung des arithmetischen Mittelwertes  $\bar{x}$  an.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

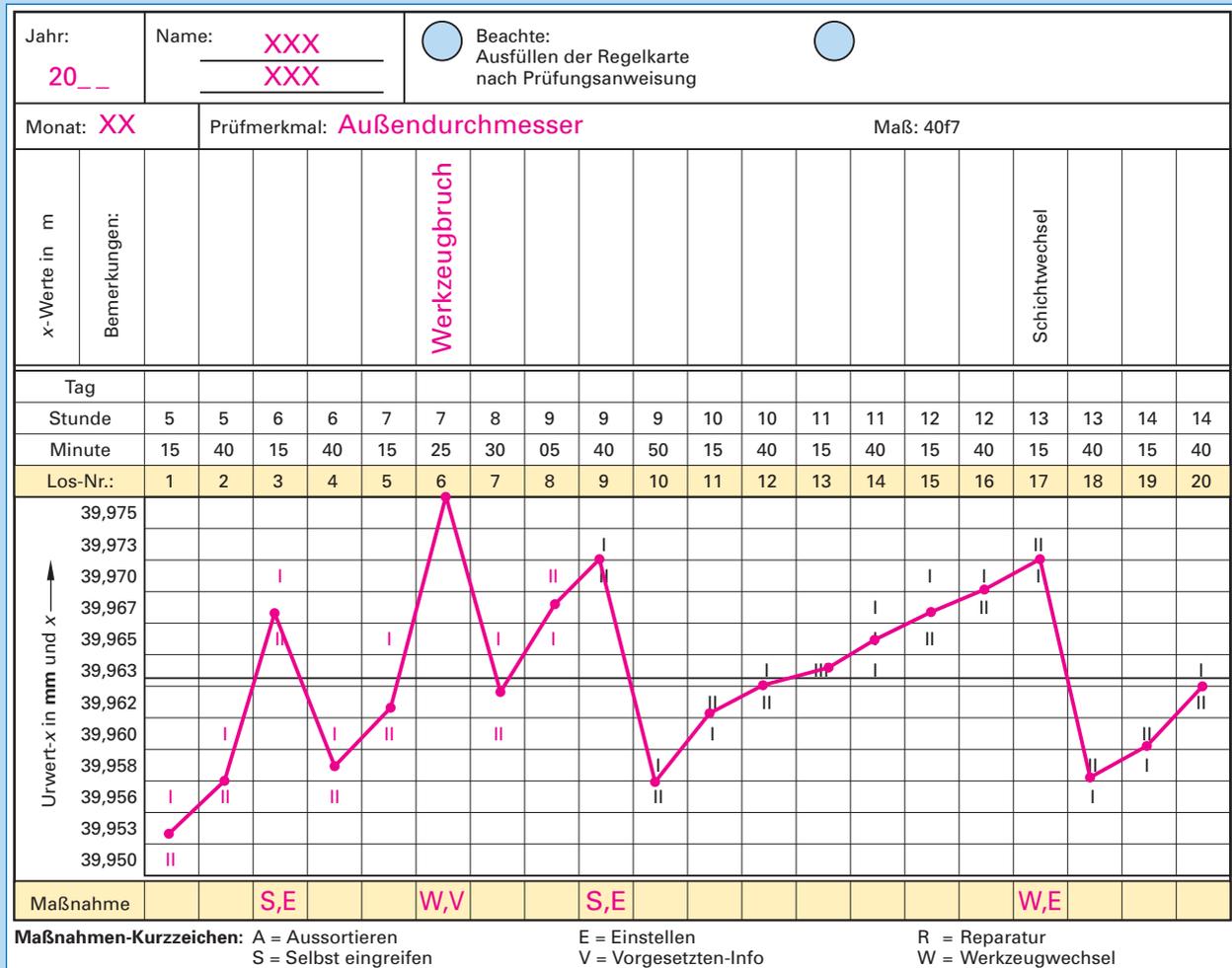


• Berechnen Sie die Mittelwerte der ersten 8 Prüflosse und tragen Sie die Werte in die Tabelle ein.

Prüflos-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
$x_1$ /mm	39,950	39,955	39,965	39,955	39,960	40,125	39,960	39,970
$x_2$ /mm	39,955	39,955	39,970	39,960	39,960	40,110	39,965	39,970
$x_3$ /mm	39,950	39,960	39,965	39,955	39,965	40,130	39,960	39,965
$\bar{x}$ /mm	39,952	39,957	39,967	39,957	39,962	40,122	39,962	39,968

4 Sie müssen nun die Qualitätsregelkarte vervollständigen.

- Tragen Sie zuerst die fehlenden allgemeinen Angaben wie Name usw. in die Qualitätsregelkarte ein.
- Übertragen Sie die Urwerte der Stichproben 1 ... 8 der Aufgabe 3 mit einem kleinen Strich (I) in die entsprechenden Felder.
- Übernehmen Sie nun die von Ihnen errechneten Werte  $\bar{x}$  mit einem Kreis (o) in die Regelkarte.
- Verbinden Sie die  $\bar{x}$ -Werte der Lose 1 ... 20 zu einer Kurve.



5 In der Verbindungslinie der Mittelwerte treten Unstetigkeiten auf.

- Ordnen Sie diesen Stellen passende Kurzzeichen aus dem Maßnahmenkatalog zu.
- Bei Prüflos Nr. 6 liegen alle drei Werkstücke außerhalb der Toleranz. Warum ist es notwendig, hierüber den zuständigen Vorgesetzten sofort zu informieren?

Alle zwischen Stichprobe Nr. 5 und Stichprobe Nr. 6

gefertigten Teile müssen geprüft werden.

Der Bediener muss diesen Schritt sofort veranlassen.

6 Nehmen Sie an, der Sprungschalter wird von Ihrer Firma in großer Stückzahl gefertigt. In letzter Zeit häufen sich Beschwerden der Kunden, dass es zu Brüchen der Zugfeder und damit zum Versagen des Bauteils käme. Die Federn sind Zulieferteile, die in Ihrem Betrieb nur montiert werden.



- Wie kann Ihre Firma auf dieses Problem reagieren, um den Schaden weitestgehend zu begrenzen?

Fehlerhafte Schalter sofort u. kostenfrei ersetzen. Federqualität verbessern,

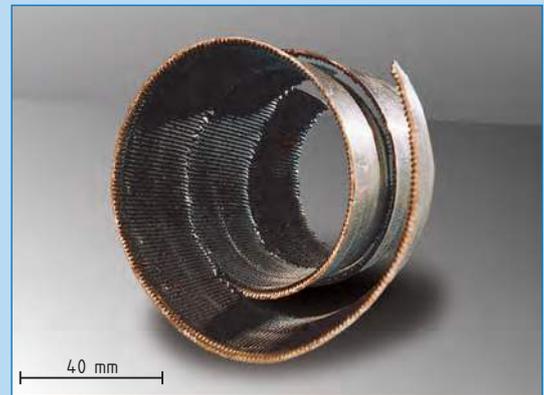
je nach Verschulden die Kosten auf Zulieferer abwälzen.

Weiterführende Aufgabe:

7 Warum sind einer Firma diejenigen Kunden angenehmer, die sich über tatsächlich vorhandene Mängel beschweren, als die Kunden, die das nicht tun?

- 1 Auf einer Rohrpressenanlage werden Bleche bis zu 18 m Länge und 3 m Breite mit einer maximalen Presskraft von 600 MN gepresst. Bei der Bearbeitung der sechs Führungszylinder für diese Anlage ist der abgebildete Span entstanden. Die Schnittdaten bei der Längsdreharbeit waren:

Werkstoff: 34CrNiMo6 1.6582  
 Schnittgeschwindigkeit:  $v_c = 50 \frac{\text{m}}{\text{min}}$   
 Drehzahl:  $n = 5 \text{ min}^{-1}$   
 Schnitttiefe:  $a_p$  bis zu 45 mm  
 Vorschub:  $f$  bis zu 2,7 mm



- Welche Spanformen sind allgemein im Fertigungsprozess erwünscht? – Begründen Sie Ihre Antwort!

Es sind kurze Spanformen mit kleinem Spänevolumen erwünscht. Sie lassen sich gut aus dem Arbeitsraum abführen.



- 2 Wie müssten die folgenden Einflussfaktoren gewählt werden, wenn, unabhängig von anderen Fertigungszielen, in erster Linie günstige Spanformen erreicht werden sollen?

Schnittgeschwindigkeit	Es ist eine niedrige Schnittgeschwindigkeit zu wählen.
Vorschub	Der Vorschub ist hoch zu wählen
Schnitttiefe	Die einzustellende Schnitttiefe ist klein zu wählen.
Schneidengeometrie	Es ist ein kleiner, bzw. negativer Spanwinkel zu wählen.

- 3 Welche Auswirkungen auf die Oberfläche des fertigen Werkstücks haben die vorgenannten Einstellungen?

Die Oberflächengüte des Werkstücks wird schlechter.

- 4 Durch welche Maßnahme lässt sich die Oberflächengüte verbessern und welche Rolle spielt dabei die Spanleitstufe?

Die Schnittgeschwindigkeit ist zu erhöhen. Dadurch würden Fließspäne entstehen, die aber durch die Spanleitstufe gebrochen bzw. verkürzt werden.

- 5 Berechnen Sie für das Längsdrehen der Führungszylinder der Rohrpressenanlage aus Aufgabe 1 den maximalen Spanungsquerschnitt  $A$  und das Zeitspanvolumen  $Q$  unter der Annahme, dass die größten angegebenen Werte ausgenutzt würden.

- Geben Sie dazu nebenstehend die Formel zur Berechnung des Zeitspanvolumens  $Q$  an.

$$Q \left[ \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \right] = A \left[ \text{mm}^2 \right] \cdot v_c \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

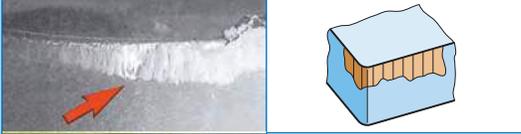
$$A = a_p \cdot f = 45 \text{ mm} \cdot 2,7 \text{ mm} = \underline{121,5 \text{ mm}^2}$$

$$Q = 121,5 \text{ mm}^2 \cdot 50 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 1,215 \text{ cm}^2 \cdot 5000 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = \underline{6075 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}}$$

6 Nennen Sie zwei weitere Verschleißmöglichkeiten an der Werkzeugschneide, ihre jeweilige Ursache und die daraus folgenden Auswirkungen für die Werkzeugschneide.

Verschleißart, Verschleißursache	Auswirkung
Verschleiß durch Diffusion	Abtragen von Schneidstoff
Ablagerung von Partikeln durch Reibung	Bildung einer Aufbauschneide
Ausbruch der Schneide durch Krafteinwirkung	Änderung der Schneidengeometrie

7 Bezeichnen Sie die Verschleißformen, die in den Zeichnungen dargestellt sind, und nennen Sie Möglichkeiten, diese Verschleißformen zu verringern bzw. zu vermeiden.

Flächenverschleiß: $v_c$ niedriger	
Kolkverschleiß: $v_c$ niedriger bzw. verschleißfestere Schneidstoffe	
Aufbauschneidenbildung: $v_c$ höher bzw. veränderte Schneidengeometrie	

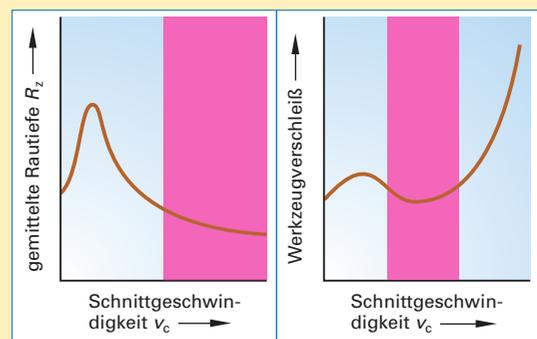
8 Definieren Sie den Begriff »Standzeit«  $T$  eines Werkzeuges. Wovon ist sie hauptsächlich abhängig?

Als Standzeit  $T$  bezeichnet man die Zeit des Werkzeugeingriffs bis zum Erreichen des zulässigen Verschleißes. Sie ist von der Schnittgeschwindigkeit, dem Schneidstoff und dem Spanungsquerschnitt abhängig.

9 Die beiden folgenden Diagramme zeigen den Werkzeugverschleiß bzw. die Oberflächengüte eines Werkstücks in Abhängigkeit von der Schnittgeschwindigkeit  $v_c$ .

- Markieren Sie in beiden Diagrammen einen Bereich optimaler Schnittgeschwindigkeit.
- Weshalb steigen Werkzeugverschleiß und Rautiefe schon bei geringer Schnittgeschwindigkeit an?

Der Anstieg ist durch die Aufbauschneidenbildung bedingt.



#### Weiterführende Aufgabe:

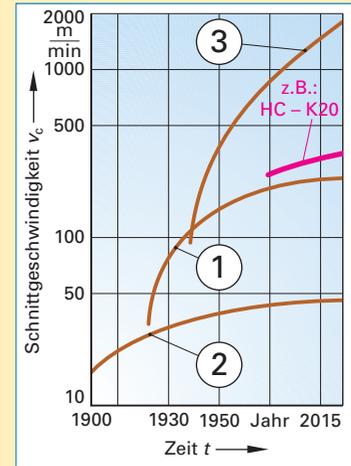
10 Eine Welle mit einem Durchmesser von 120 mm aus 34CrAlMo5-10 (1.8507) soll durch Längsrunddrehen bearbeitet werden. Hierbei wird beim Schruppen mit einer Zustellung  $a_p$  von 3 mm gearbeitet. Die Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  beträgt  $50 \frac{m}{min}$ ,  $h = 0,50$  mm, die spezifische Schnittkraft  $k_c$   $2084 \frac{N}{mm^2}$ .

- Ermitteln Sie die einzustellende Drehzahl  $n$ .
- In welchen Grenzen ist der Vorschub  $f$  zu wählen?
- Berechnen Sie die Hauptnutzungszeit  $t_h$  für das Schruppen (die Welle hat eine Länge von 560 mm und ist mit 2 Schnitten vorzuschruppen).
- Berechnen Sie für diese Dreharbeit die Schnittleistung  $P_c$ .

1 Parallel zu der Entwicklung der Werkzeugmaschinen sind auch die Schneidstoffe der Werkzeuge ständig verbessert worden. Stellvertretend für diese Entwicklung sind in nachfolgendem Schnittgeschwindigkeits-Zeit-Diagramm drei Schneidstoffe dargestellt.

- Ordnen Sie in unten stehender Tabelle den Nummern die jeweils richtigen Schneidstoffe, ihre derzeit maximal erreichbaren Schnittgeschwindigkeiten  $v_c$  und ihre maximale Warmhärte für die Bearbeitung des Werkstoffs Stahl zu.
- Tragen Sie in nebenstehendem Diagramm eine Verlaufslinie für beschichtetes Hartmetall ein.

Nr.	Schneidstoff	$v_c$ [ $\frac{m}{min}$ ]	Warmhärte [ $^{\circ}C$ ]
①	Hartmetall (gesintert)	< 350 $\frac{m}{min}$	< 1000 $^{\circ}C$
②	Schnellarbeitsstahl	< 70 $\frac{m}{min}$	< 600 $^{\circ}C$
③	Schneidkeramik	< 1000 $\frac{m}{min}$	< 1200 $^{\circ}C$



2 Welche Anforderungen werden an zeitgemäße Schneidstoffe gestellt?

- Nennen Sie stichpunktartig vier solcher Anforderungen.

hohe Härte bzw. Warmhärte	hohe Druckfestigkeit
ausreichend hohe Zähigkeit	hohe Biegefestigkeit

3 Bei der Auswahl der Schneidstoffe spielt eine Vielzahl von Überlegungen eine Rolle.

- Nennen Sie vier Ziele, die durch die richtige Schneidstoffauswahl erreicht werden können.

optimale Standzeit	niedrige Werkzeugkosten
möglichst breiter Einsatzbereich	möglichst keine Nacharbeit

4 Ein sehr vielfältig verwendbarer Schneidstoff in der heutigen Fertigung ist Hartmetall.

- Vervollständigen Sie die Tabelle, in der die Zerspanungshauptgruppen der Hartmetalle dargestellt sind. (Bei den Eigenschaften ist ein entsprechender Pfeil einzutragen.)
- Unterlegen Sie die Felder der Zerspanungshauptgruppen mit den entsprechenden Farben.

Zerspanungshauptgruppen		Zerspanungs-, Anwendungsgruppen		Eigenschaften
		Kurzzeichen	Anwendung für	
Kennbuchstabe	<b>P</b>	P 01 P 10 P 20 ... bis P 50	<b>Stahl, Stahlguss, langspanender Temperguss</b>	Verschleißfestigkeit ↑ Zähigkeit ↓ hoch
Kennfarbe	<b>blau</b>			
Kennbuchstabe	<b>M</b>	M 10 M 20 M 30 M 40	<b>Stahl, Hartstahl, Gusseisen, NE-Metalle</b>	
Kennfarbe	<b>gelb</b>			
Kennbuchstabe	<b>K</b>	K 01 K 10 K 20 ... bis K 40	<b>Hartguss, Gusseisen, Kunststoffe, Hartpapier</b>	
Kennfarbe	<b>rot</b>			