



Prüftechnik

Unterrichtsplanung für FTM1

Inhaltsverzeichnis

Lehrplanauszug	2	Differenzmessung.....	digital.....	elektronische Weiterverarbeitung.....
Einteilung der Prüfverfahren	3	Vergleichsmessung.....	Messeinrichtungen.....	
Übersicht über die Prüfmittel	3	Endmaße	8	Optische Längenmesstechnik
Messgeräte.....		Übersicht.....		Vergrößerung durch Linsen.....
Hilfsmittel.....		DIN 861 /01.80 (Parallelendmaße).....		Wirkungsweise einer Lupe.....
Lehren.....		Parallelendmaße.....		Wirk.weise eines Messmikroskops.....
Prüftätigkeiten.....		Stufenendmaß.....		Gewindeprüfung mit dem Mikroskop.....
Messen.....		Winkelendmaße.....		Feinmessokular, Okularmessschraube.....
Lehren.....		Pyramidalabweichung.....		optische Messgeräte.....
Merkmale.....		Anwendungen.....		Kollimator.....
Messabweichungen	4	Zylinderendmaße.....		Pneumatisches Messen
systematische Abweichung F.....		Kuglendmaße.....		Messprinzip.....
Messunsicherheit u.....		Berechnung von Kontrollmaßen.....		Einfluss der Oberfläche.....
vollständiges Messergebnis.....		Lehren	11	Berührungslose Messwertaufnehmer.....
Messtechnische Regeln	5	Einteilung.....		Berührende Messwertaufnehmer.....
Bezugstemperatur.....		Einsatz bei steigender Abnutzung.....		Druckbereiche.....
Prüfkraft.....		Taylorscher Grundsatz.....		Messverfahren.....
Messtechnischer Grundsatz.....		Vergleich von Lehren und Messgeräten.....		Druckmessverfahren.....
Günstigste Punkte.....		andere Maßverkörperungen	12	Durchflussmessverfahren.....
Goldene Regel der Messtechnik.....		Strichmaßstäbe DIN 2268.....		Geschwindigkeitsmessverfahren.....
Verteilung der Messwerte.....		Lichtwellenlänge.....		Messanordnung.....
Messunsicherheit u.....		mechanische Teilungen.....		Summenmessung.....
Verhältnis zu Werkstücktoleranz.....		Verkörperungen von Geraden und Ebenen.....		Differenz(druck-)messung.....
Umkehrspanne	5	Elektrische Längenmessung	13	Anwendungen und Beispiele.....
Messgeräte	6	Analoge Erfassung.....		Durchmesser.....
Bauarten.....		Wegaufnahme.....		Kegel (Kegeldüsenmessdorn).....
Messschieber.....		Messeinrichtung.....		Paarung.....
Messschrauben.....		Merkmale.....		Höhen.....
Messuhr.....		Berührender induktiver Messtaster.....		Rechtwinkligkeit.....
Fühlhebelmessgeräte.....		berührungslos.....		Geradheit.....
Feinzeiger.....		Digitale Erfassung.....		Parallelität.....
Einsatz nach Toleranz.....		Grundlagen.....		Fluchtung.....
Messanordnungen	7	Anwendung.....		Achsenabstand.....
Einzelmessung.....		Messeinrichtung.....		Dicke.....
Summenmessung.....		Datenübertragung.....		Merkmale pneumatischen Messens.....
		Anzeige der Werte.....		Kenngrößen pneumatischer Messgeräte.....
		analog.....		

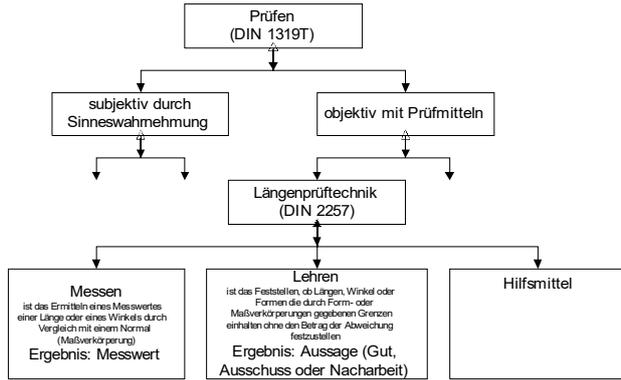


Lehrplanauszug

1 Einführung in die Qualitätslehre		15 Stunden
1.1	Bedeutung der Qualität erkennen Wettbewerbsfaktoren Maßnahmen zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit	Exemplarische Bearbeitung der Inhalte
1.2	Grundbegriffe zum Wettbewerbsfaktor Qualität kennen und anwenden Qualitätsbegriff Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit Merkmalsarten, Merkmalsausprägungen Sollwert, Grenzwert, Toleranz, Abweichung, Fehler, Fehlerklassen	
1.3	Bewusstsein für die Qualitätsverantwortung entwickeln Qualitätskreis Produkthaftung, Deliktshaftung, Vertragshaftung Sicherung der Arbeitsplätze Verantwortung des Managements und des Mitarbeiters Geschichtliche Entwicklung der Qualitätssicherung	Vgl. Lehrplan Wirtschaft und Recht
1.4	Ziel der Qualitätsmanagements erläutern Unternehmenspolitik Verringerung des Fehlleistungsaufwandes Verbesserung des Images Verhütung von Produkthaftungsfällen Gewinn von Marktanteilen	
1.5	Aufbau und Elemente eines Qualitätsmanagementsystems unterscheiden Aufbau- und Ablauforganisation für ein mittleres Unternehmen	Qualitätsmanagementhandbuch DIN 55350, DIN ISO 9000 bis 9004 Aufbau nach DGQ-Schrift Nr. 12-61 Vgl. Produktorganisation, LPE 1.1 und 1.2
1.6	Informationsquellen zur Feststellung der Ist-Qualität nutzen Wareneingangsprüfung Fertigungsprüfung Endprüfung,	Prüfungsarten nach DIN 55350 Teil 1 Musterprüfung, Kundendienstberichte, Kundenbeanstandungen
1.7	Prüfdaten darstellen, auswerten und deuten Häufigkeitsverteilung nach quantitativen Merkmalen	Kreuzliste, Strichliste, Stabdiagramm, Histogramm Paretoanalyse (= ABC-Analyse) <GU>
2 Wahrscheinlichkeitsrechnung und beurteilende Statistik		20 Stunden
2.1	Mess- bzw. Zählergebnisse darstellen und auswerten Urliste Strichliste, Histogramm Ursache-Wirkungs-Diagramm Pareto-Analyse	Häufigkeitsverteilungen von quantitativen und qualitativen Merkmalen
2.2	Wahrscheinlichkeitsrechnung und Verteilungsmodelle anwenden Normalverteilung Einzel- und Summenwahrscheinlichkeiten	Häufigkeitsbereiche Am Beispiel der Stichprobenprüfung unter Verwendung von Nomogrammen und Tabellen
2.3	Stichproben im Wahrscheinlichkeitsnetz auswerten und damit die Grundgesamtheit beurteilen Wahrscheinlichkeitsnetz der Normalverteilung Prozessanalyse	Überschreitungsanteile Vertrauensbereiche Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchung
2.4	Qualitätsregelkarten für normalverteilte Merkmalswerte unterscheiden und Eingriffsgrenzen bestimmen \bar{x} -Karte R-Karte s-Karte	Zweispurige Darstellung
2.5	Grundlagen der Einfachstichprobenprüfung anwenden Stichprobenanweisung Annahmewahrscheinlichkeit Lieferanten- und Abnehmerrisiko	Grafischen Ablaufplan ergänzen
3 Fertigungsprüftechnik		25 Stunden
3.1	Längenprüftechnik abgrenzen, Begriffe erläutern, unterscheiden und zuordnen Prüfmittel Messunsicherheit Prüftechnische Grundsätze	Nur Überblick Basiseinheiten, Kalibrierung Justierung, Eichung Abbesches Prinzip; Taylor Grundsatz
3.2	Prüfmittel und Prüfverfahren beschreiben und den zweckmäßigen Einsatz bestimmen Maßverkörperungen; Lehren Längenmessgeräte Computereinsatz in der Längenprüftechnik	
3.3	Prüfmittelüberwachung nach Prüfanweisung durchführen Maßverkörperungen Lehren Längenmessgeräte	Erweiterung Prüfmittelverwaltung
3.4	Prüfplan erstellen. Qualitätsmerkmale prüfen und Prüfergebnisse bewerten Prüfplanaufbau Prüfmittelauswahl Prüfberichte	Z.B. einfache prismatische Teile oder Rotationsteile
3.5	Informationsquellen zur Feststellung der Ist-Qualität nutzen Eingangsprüfung Fertigungsprüfung Endprüfung	Z.B. Musterprüfung, Kundenbeanstandungen



Einteilung der Prüfverfahren



Bezugstemperatur: 20°C (DIN 102)
 Messkraft: Formänderung, Kippen
 Abnutzung des Messzeuges
 Abweichung des Messgerätes: Form und Lage der Messschnäbel, Skalen, Übersetzung,
 Ablesfehler: Parallaxe, undeutliche Skale, falsche Einheit, Skalenteilung (log. Teilung),
 Übung, Sehschärfe, Schätzung, Aufmerksamkeit
 Umwelt: Spannungsschwankungen, Erschütterungen, Beleuchtung, magnetische +
 elektrische Felder)
 sonstiges: Grat, Schmutz, Kippfehler

DIN 1319T1

1) *Ültg: Welche grundsätzlichen Methoden stehen dem Prüfer eines Abschlussprüfungsstückes zur Verfügung?*

Quellen: DIN Buch 11, Beuth Verlag Köln; Reichard Fertigungstechnik, 9. Auflage
 „Durch subjektive Sinneswahrnehmung oder objektiv mit Prüfmitteln feststellen, ob ein Prüfgegenstand erwartete Eigenschaften oder Maße einhält.“ (DIN 1319T1)
 Viele wichtige Sachen werden ausschließlich subjektiv geprüft: Oberfläche und Fahrverhalten eines Kfz, Lebenspartner u.v.a.m.
 In der Längenprüftechnik ist Prüfen das Feststellen, ob Prüfling der geforderten geometrischen Form entspricht, die durch Längen und Winkel gegeben ist (DIN 2257). Geprüft wird vor, während und nach der Fertigung. Immer soll es möglichst früh nach dem Fertigungsschritt sein, damit man die Fertigung ohne lange Totzeit korrigieren kann. Definitionen von Messen und Lehren gekürzt nach DIN 2257T1 11.82

Diagramm neu, aus DIN 2257 T1 einarbeiten: Lehren und Maßverkörperungen, Bild gesondert abspeichern
 Einarbeiten: [EuroWzm] S.204

2) *Ültg Welche Fehler können dem Prüfer des Abschlussprüfungsstückes beim Prüfen unterlaufen?*
TA nicht mitschreiben lassen, die genannten Fehler später zuordnen lassen

Definition Messunsicherheit → [Dutschke 1996]

ftm_TA_Pruetechnik.odm

Übersicht über die Prüfmittel

Zeitbedarf: ca 90'

Messgeräte

Wie prüft man die Länge eines Zylinderskopfes?

Anzeigende Messgeräte

- Messschieber
- Messschraube
- Messuhr
- Feinzeiger
- Universalwinkelmesser

Maßverkörperungen

- Maßstab
- Endmaße
- Fühlerlehre

Hilfsmittel

Wie misst man die Dicke einer Platte mit Messuhr?

Messständer

- Messständer
- Prismen
- Taster

FO, TA Skizze Messanordnungen

Messplatte als Unterlage, Messständer für Messuhr, Prisma für Rundheitsmessungen, RundheitsMesstisch, Taster usw.

AM Zylinderkopf, Nw o.ä.

- 1) *Woher weiß der Mann am Fließband im VW-Werk in Pamplona, dass der Zylinderkopf zum Motorblock passt?*
- 2) *Teilziele: Messgeräte, Lehren, Hilfsmittel, Prüftätigkeiten*

Lehren

Messen von 1000 Bohrungen ist umständlich, einfacherer Weg?

Grenzlehren

- Grenzlehrdorn
- Grenzrachenlehre
- Gewindegrenzlehren
- Kegellehren

Formlehren

- Haarlineal
- Radienlehre
- Drehmeißellehren
- Gewindelehren
- Winkellehren
- Lehrringe

AM verschiedene Prüfmittel

AM Grenzlehrdorn und Bohrplatte

Herkunft des Wortes Grenzrachenlehre



- 3) *Wie prüft man die Ebenheit des Zylinderkopfes? Lichtspaltverfahren!*
- 4) *Wie prüft man Messschieber, genaue KolbenØ, Ventilspiel usw.?*

Unterschied zwischen Messen und Lehren: Welche Tätigkeiten werden durchgeführt? Wieviele Maße kann man mit einem Prüfgerät prüfen?

Messen

ist das Vergleichen des Prüflings mit einem Messgerät.

Das Ergebnis ist ein Messwert.

Ein Messgerät kann innerhalb ihres Messbereiches alle Maße im Messbereich messen

Prüftätigkeiten

Lehren

ist das Vergleichen des Prüflings mit einer Lehre und Feststellen, ob eine vorgeschriebene Grenze überschritten wird.

Ergebnis ist die Aussage Gut, Ausschuss oder Nacharbeit

Eine Lehre kann nur ein Maß mit einer Toleranz lehren..

+ Messwert

- + SPC-fähig
- + vielseitig
- komplizierter
- + für Einzelstücke billiger

Vertiefung

Merkmale

- + Aussage
- + einfache Handhabung
- kein eindeutiges Ergebnis (Taylorscher Grundsatz)

AB Übungsfragen zu Prüfmitteln



Messabweichungen

systematische Abweichung F
bleiben bei wiederholter Messung nach Betrag und Größe gleich

bekannte unbekannte

Messunsicherheit u
sind zufällig

rechnerisch korrigieren:
Meg = Mw – F
Sollanzeige = Istanzeige - Fehler

Mehrfachmessung
Jedes Messergebnis enthält Messunsicherheiten oder Wer misst, misst Mist

messtechnische Regeln beachten (s.u.)
Messtechnischer Grundsatz, günstigste Punkte, Bezugstemperatur, Messkraft
Kalibration

$$u \leq \frac{T}{10} \dots \frac{T}{5}$$

T: Werkstücktoleranz
u: Messunsicherheit des Prüfmittels
z.B.
Messschieber mit Rundskala; Skw = 10µm;
u = ±20..60µm (DIN862) → darf Werkstücktoleranzen ab ±20..60µm *5 =0,2..0,6mm prüfen

Abweichungen sind erst Fehler, wenn zugelassene Grenzen überschritten werden.

vollständiges Messergebnis
 $Y = y \pm U$

Vertiefung

(DIN2257)
Prüfabweichungen? „Mess-“Abweichungen treten auch bei Lehren auf.
5) *Überschrift vorgeben, Bedeutung?*
6) *Ordnen Sie die vorher genannten Messfehler zu.*

Unbekannte systematische Messabweichungen werden wie Messunsicherheiten behandelt, weil man nichts Besseres mit ihnen anzufangen weiß. Man kann sie aus den Fehlergrenzen der Messeinrichtung oder durch genauere Messung abschätzen.

Wie geht man damit um?

Meg = Messergebnis = korrigierter Messwert
Mw = Messwert = von Messgerät abgelesen
F = Fehler (auch: Korrektion), Vorzeichen beachten
Die Unsicherheiten des Meg sind größer als die des Mw, weil auch die Korrektion eine Unsicherheit enthält. Z.B. sind bei Temperaturkorrektur die exakten Temperaturen nicht bekannt.

Wie vermeidet man sie?

Kalibrieren = Vergleichen mit einem Normal erheblich geringerer Abweichung (Vergleich von Armband- und Bahnhofsuhr)
Justieren = Korrektur einer Abweichung (Bahnhofsuhr stellen)
Eichen = Kalibrieren soll nicht verwendet werden, weil es zu Verwechslungen mit der gesetzlichen bedeutung kommen kann.
Die Messunsicherheit eines Messgerätes kann durch Messreihen oder aus der DIN oder aus Herstellerangaben angenähert werden.

Deshalb ist der Ausdruck Messfehler nicht sinnvoll.

Ab [EuroTabM46] S.274 ist das Thema im TabB angekommen – nach 20 Jahren ;-)
Neue Nomenklatur: y = Mw; Y = Meg; U = u



Messtechnische Regeln

Bezugstemperatur

beträgt 20°C

Prüfkraft

- Herstellerangaben beachten
- Auswirkung auf Prüfling beachten

Messtechnischer Grundsatz

(=Abbesches Komparatorprinzip)

Prüfling und Maßverkörperungen sollen fluchten, damit Kippfehler vermieden werden.

z.B. Parallaxe

ist eine Folge des nicht eingehaltenen messtechnischen Grundsatzes.

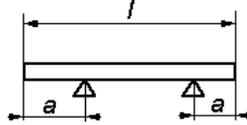
Vertiefung

Ist der messtechnische Grundsatz eingehalten bei: Stahlmaßstab, Bügelmessschraube, Messuhr, Tiefenmessschieber, Messschraube mit Messschnäbeln? Warum legt DIN 862 (Messschieber) für Innen-, Außen- und Tiefenmaße unterschiedliche Messunsicherheiten fest? Weil der messtechnische Grundsatz unterschiedlich betroffen ist. Die geringste Messunsicherheit ist für Außenmaße (!) festgelegt.

Günstigste Punkte

optimaler Abstand a der Auflagerpunkte minimiert die Durchbiegung:

$$a \approx \frac{2}{9} \cdot l$$

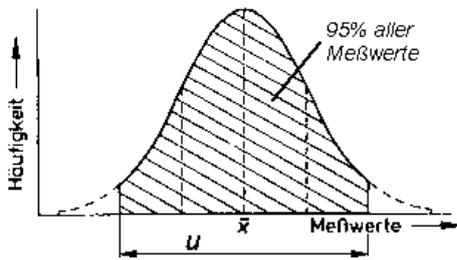


Goldene Regel der Messtechnik

(DIN 2257)

Verteilung der Messwerte

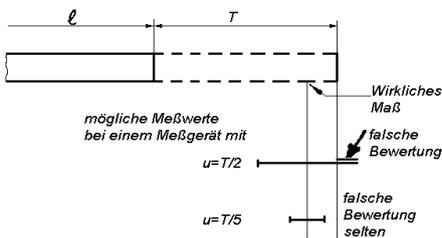
eines intakten Messgerätes



Messunsicherheit u

enthält 95% aller Messwerte

Verhältnis zu Werkstücktoleranz



deshalb: $u \leq \frac{T}{10} \dots \frac{T}{5}$ DIN 2257 T2 /08.74

T: Werkstücktoleranz nach Zeichnung

u: Messunsicherheit u des Prüfmittels

Umkehrspanne = Hysterese

Das Umkehrspiel entspricht einer Hysterese und tritt nicht nur bei Prüfgeräten auf, sondern auch bei anderen Maß-relevanten Teilen, z.B. bei Spindeln im Vorschub von CNC-Maschinen. Dort werden die Abweichungen softwaretechnisch kompensiert.

Quelle: DIN 102 /10.56

Herstellerangaben dürfen auch nicht überschritten werden: bei größeren Rachenlehren beträgt die Aufbiegung bis 50% der Toleranz, sie „gehört dazu“.. Beispiele, die niedrige Prüfkraft erfordern: Grünlinge, Foliendicken

AM rundes Teil mit den äußersten Spitzen der Messschenkel eines Messschiebers messen

- 1) Welchen Fehler mache ich? Durch Spiel (nicht vermeidbar) und Hebelarm (gering zu halten) entsteht Kippen = Messabweichung.
- 2) Wird der Messwert größer oder kleiner? Handelt es sich um eine systematische Messabweichung oder eine Messunsicherheit?



FO Parallaxe

Vermeidung der Parallaxe durch Glasmaßstäbe mit Strichteilung auf der Unterseite (kratzempfindlich, deshalb meist gekapselt); Strichteilung auf abgeschrägter Kante (z.B. Stahlmaßstab); Maßstab und Prüfling in einer Ebene (Skalentrommel und Skalenhülse, Messschieber); erzwungene Blickrichtung (Lupe, Spiegel).

Physiker Ernst Abbe (wie Ebbe) 1840-1905 schuf mit dem Mechaniker Carl Zeiss und dem Glaslieferanten Otto Schott die Grundlagen der Optik und wurde ihre Teilhaber.

3) Ein Welche Bedeutung haben die Markierungen bei Endmaßen > 100mm?

a=0,22031 * l (Besselsche Punkte) : Strichteilung auf neutraler Faser, z.B. Innenmessschraube (Friedrich Wilhelm Bessel, 1784-1846, Astronom, Mathematiker, Geodät) a=0,2232 * l : Strichteilung auf der Oberfläche, z.B. Maßstäbe a=0,211 * l : für parallele Enden, z.B. Endmaße Vtfg TA (HTFT1-9 S13)

Eine genügend große Anzahl von Messwerten mit demselben Messgerät und demselben Prüfling ergibt wegen der zufälligen Messunsicherheiten eine Verteilung, die der Einfachheit halber als eine Glockenkurve (= Gauß'sche Normalverteilung) angenommen wird. Für kleinere Stichproben wird auch die t-(Student-)Verteilung verwendet. Die Fläche unter der Kurve repräsentiert Wahrscheinlichkeiten.

Die Messunsicherheit u wird auf ein Vertrauensniveau, üblicherweise 95%, in besonderen Fällen auch 99% oder ±3s (P=99,7%), bezogen. Zahlenangaben verschiedener Vertrauensniveaus sind nicht vergleichbar, weil die zugrunde liegende Verteilung nicht bekannt ist. Sie wird durch die Fehlergrenzen, die i.d.R. weiter sind, angenähert oder durch Versuche ermittelt.

Dann gilt $u = \frac{1,96 \cdot \sigma}{\sqrt{n}}$ (Wiederholungsaufgabe für die Techniker)

(Garantie-)Fehlergrenzen eines Messgerätes sind Grenzwerte der Messabweichung und werden z.B. vom Hersteller angegeben. Sie sind i.A. größer als die Messunsicherheit, weil zu den zufälligen noch systematische Messabweichungen dazukommen. Vereinfachend wird die Messunsicherheit oft durch die Fehlergrenzen angenähert. Ich vernachlässige diese speziellen Probleme und verwende den Begriff Messunsicherheit.

5% der Messwerte liegen außerhalb u.

Begriffe siehe DIN 2257 T2 und QZ 10/96 S.1156

FO Werkstücktoleranz - Messunsicherheit

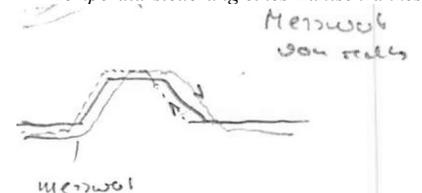
enthält Erklärungen der Begriffe Messunsicherheit, Vertrauensbereich, Fehlergrenzen, Abweichungsspanne usw. Für die Zukunft ist damit zu rechnen, dass die Vereinbarung bzw. Angabe von Toleranzen in der Kunden-Lieferanten-Beziehung novelliert werden, für den Hersteller werden sie um die Messunsicherheit eingeeengt, für den Abnehmer erweitert. Bei korrekter Anwendung muss Messergebnis plus Messunsicherheit innerhalb der Maßtoleranz liegen. Die goldenen Regel der Messtechnik bezweckt deshalb, dass die Fertigungstoleranz nicht allzusehr von der Messunsicherheit eingeeengt wird.

DIN EN ISO 14252-1 Messunsicherheit / Fertigungstoleranz

Ab [EuroTabM46]S.274 ist das Thema im TabB angekommen – nach 20 Jahren :-)

Das Thema wird im TabB sogar grafisch dargestellt, berücksichtigt aber keine Wahrscheinlichkeiten.

1) Hysterese vgl. Zugversuch oder Temperatursteuerung eines Kühlschranks



Hysterese beim Zugversuch



Messgeräte

Bauarten

Messschieber

Der Schieber mit dem Nonius ist auf dem Maßstab gleitend angeordnet. Der Nonius ist ein Hilfsmittel zum Ablesen von Zwischenwerten, erhöht aber nicht die Genauigkeit. Deshalb und wegen der zusätzlichen Ungenauigkeiten des Schiebers haben Prüfmaßstäbe geringere Messunsicherheiten.

Da die Messschnäbel den messtechnischen Grundsatz verletzen, müssen die Prüflinge möglichst nahe am Maßstab liegen. Wegen der unterschiedlichen Situation hinsichtlich des messtechnischen Grundsatzes sind die zulässigen Messunsicherheiten laut DIN für Innen-, Außen- und Tiefenmessung unterschiedlich; und zwar für die Außenmessung am geringsten, vermutlich weil es die häufigste Anwendung ist.

Es gibt Bauarten mit Messbereich bis 2000mm, mit oder ohne Spitzen, Tiefenmesseinrichtung, mm- oder inch-Teilung, gerundete Messflächen für Innenmessung, Klemmschraube, Feinverstellung oder als Höhenreißer. Tiefen-, Zahn-, Nuten-, Lochabstands-, Schwindmaßmessschieber (Modellbau), mit Rundskale oder Ziffernanzeige. Eine Rundskale ermöglicht das Prüfen von Grenzabmaßen durch Verstellung des Skalenblattes.

Messschrauben

Maßverkörperung: geschliffenes Gewinde meist mit 0,5mm Steigung, übersetzt axiale in Drehbewegung.

- Messbereich 25mm
- Messtechnischer Grundsatz ist erfüllt.
- gleichbleibende Messkraft (5...10N) durch Ratsche oder Feinzeiger, der Verformung misst.
- Einbau-, Bügel-, Gewinde- (mit Wechseleinsätzen zum Messen von Kern und Flanken (LP)), Zahnweiten-, Tiefen- (mit austauschbaren Messspindeleinsätze)
- Innenmessschrauben: mit Verlängerungsmöglichkeit Besselsche Punkte bei horizontaler Gebrauchslage. 3-Punkt-Berührung zur selbstständigen Zentrierung ohne Verletzung des messtechnischen Grundsatzes, da axiale Spindelbewegung durch einen Kegel umgelenkt wird (stufenförmiges Messgewinde Hengst86/87 S31/14). Schnäbel verletzen den Grundsatz.
- Höhenmessschrauben auf Anreißplatten befestigt haben auf der Messspindel alle 25mm einen Messteller, sodass der Messbereich größer als der Messspindelweg sein kann.
- parallaxefreie Ablesung durch kegelige Kanten der Skalenhülse.
- Ablesegenauigkeit 1/1000mm (Vgl. Hengst86/87 S31/5: unterschiedliche Genauigkeiten an Mikrometer (0,003mm) und Fühlhebel (0,001mm)).
- Genauigkeit nach DIN je nach Messbereich höchstens 4µm.
- Innenmessschrauben mit 2-Punktberührung ab (LP)25mm (Hahn&Kolb - Katalog 1990 S31/26)
- Innenmessschrauben mit 2-Punktberührung und Messschenkeln für geringe Durchmesser, verletzen messtechnischen Grundsatz.
- Innenmessschrauben mit 3-Punktberührung verletzen messtechnischen Grundsatz
- AM Prüfung einer Bügelmessschraube nach DIN 863 T1

Messuhr

- Übersetzung durch Zahnstangen u.ä. und Zahnräder
- Kreisskalen mit 0,01mm (0,1mm und 0,001mm nicht genormt) und Umlaufzählkala
- Anforderungen: drehbares Zifferblatt, einzeln verstellbare Toleranzmarken, austauschbarer Messeinsatz, kleine konstante Messkraft, Stoßschutz, Abweichung in genormten Grenzen
- Messunsicherheit durch Zahn-, Lagerspiel, Umkehrspanne

Fühlhebelmessgeräte

- winkelbeweglicher Messeinsatz (EuroM50 S17 B2)
- abgelesener Messwert vom cos abhängig, deshalb möglichst klein wählen

Feinzeiger

- Übersetzung durch Hebel, Zahnradsegmente, tordierte Federbänder, Lichtstrahlen ermöglicht keine volle Zeigerumdrehung
- genaueste mechanische Messgeräte, kleine Umkehrspanne
- Vergrößerung 1000:1 bis 1000000:1 (optisch ?)
- kleiner Messbereich wg. großer, nichtlinearer Übersetzung: nur für Differenzmessung
- Zubehör: Feineinstellung, 2 verstellbare Toleranzmarken, austauschbaren Tasteinsatz, Messkraft < 1,5N
- Bezeichnung Feinzeiger DIN 879-1: Skt. (50µm .. 0,5µm) 1µm

Einsatz nach Toleranz

1)

AB Erstellen eines Prüfplanes

AB Messgeräte

AB Messgrößenaufnehmer

2)

Quelle : DIN 862

Quelle: DIN 863

FO Fühlhebelmikrometer mit Feinzeiger zur Einhaltung der Messkraft oder als anzeigende Rachenlehre mit fixiertem Klemmhebel.

DIN 878

DIN 2270

DIN 879 T1

auch: Puppitaster

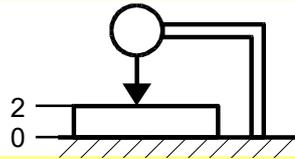
[EuroTabM46] S.274 „Prüfmittel“ (AB Messgeräteeinsatz nach Toleranz)



Messanordnungen

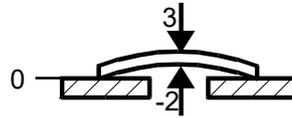
Einzelmessung

Formfehler verfälschen die Messung



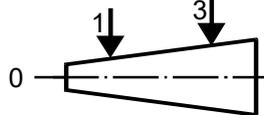
Summenmessung

$$3\text{mm} + (-2\text{mm}) = 1\text{mm}$$



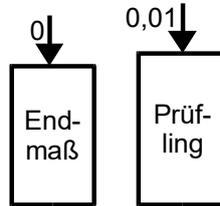
Differenzmessung

$$3\text{mm} - 1\text{mm} = 2\text{mm}$$



Vergleichsmessung

oder Unterschiedsmessung



Vertiefung

Ordnen Sie zu

FO Messanordnungen [Reichard 1993]

ca. ??' Zeitbedarf

1) Messung mit Anschlag und Messgrößenempfänger?

- Überlagerungen von Einzelfehlern können das Messergebnis verfälschen (Parallelität beeinflusst Dicke, Rundheit beeinflusst \emptyset).

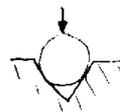
2) Einzelmessung ist sinnvoll bei Blechen, nicht akzeptabel bei Tellerfedern oder Wellblech?

Betrachte die Bewegungsrichtung des Messbolzens einer Messuhr

Gilt auch für rechte Winkel o.ä.

Strenggenommen zählt die Vergleichsmessung nicht zu den Messanordnungen, ich nehme sie aber hier auf, weil mir die Unterscheidung zu spitzfindig ist.

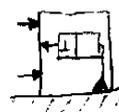
Wird auch beim Kalibrieren von Endmaßen mit genaueren Endmaßen verwendet. Kalibrieren = Abweichung prüfen. Justieren = Abweichung korrigieren. Eichen ist ein juristischer Begriff.



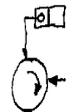
Einzel



Summen



Differenz



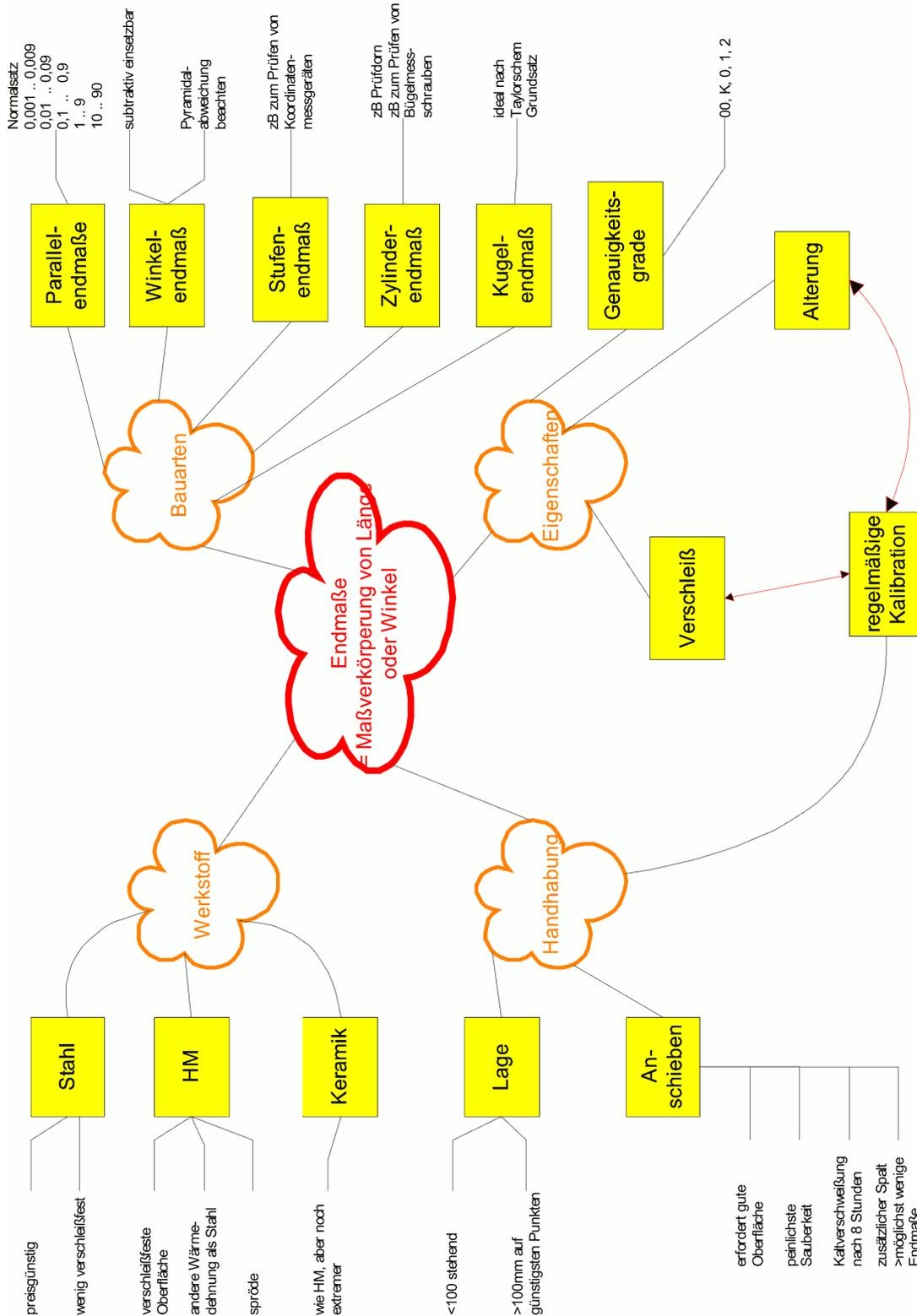
Einzel



Endmaße
= mechanische Maßverkörperungen

- 1 Was wissen Sie denn über Endmaße?
- 2 Regie

Übersicht



Vertiefung



DIN 861 /01.80 (Parallelendmaße)

ca. 90' Zeitbedarf

verkörpern das Maß durch die Lage zweier Flächen

Vorspann: Titel, Ausgabedatum; Inhaltsverzeichnis; 1 Geltungsbereich; 2 Begriffe

2.1 Parallelendmaß

- Maßverkörperung der Länge
- Oberfläche muss Anschieben ermöglichen

- Messung erfolgt mit einer Anschubung je Block
- 2.2 Benennung der Flächen; eine Fläche ist mit Nennmaß beschriftet
- 2.3 Länge l_b : toleriert mit max. $l_b = f_{\text{unten}}, f_{\text{oben}} < l_n$
- 2.4 Mittenmaß l_m
- 2.5 Abweichung f_a von der Ebenheit, toleriert mit $f_a < t_a$
- 2.6 Abweichungsspanne f_s , toleriert mit $f_s < t_s$. Entspricht Ebenheit der Maßfläche: $f_s > f_a$
- 2.7 Anschiebbarkeit wird hier definiert, nicht gefordert.
- 3 Grundlagen; 3.1 Definition des Meters ist veraltet; 3.2 Übertragung des Maßes per Lichtinterferenz (s.u.); 3.3 Bezugstemperatur 20°C; 1013,25 hPa (=mbar), vernachlässigbar
- 3.4 Lage

Nennmaß < 100mm: senkrecht

- > 100mm: waagrecht auf 2 günstigsten Punkten

4 Maße, Werkstoffeigenschaften und Kennzeichnung

4.1 $l_n > 100$ mm: mit Verbindbohrungen; Lagetoleranz Symmetrie

4.2 Werkstoffeigenschaften

- 4.2.1 Stahl oder vergleichbarer Werkstoffe
- HM oder Quarz: massiv oder Deckendmaße
- 4.2.2 Längenausdehnungskoeffizient beachten
- 4.2.3 Härte soll > 800 HV

4.2.4 Alterung bewirkt Längenänderung

Bei einem Nennmaß von 100mm darf die Längenänderung nach 5 Jahren: =0,35µm

regelmäßige Kalibration

4.3 Kennzeichnung: Nennmaß auf Seiten- oder Messflächen; Herstellerzeichen

- günstigste Punkte bei Nennmaß $l_n > 100$ mm
- Genauigkeits- und Kalibriergrad kann angegeben sein
- Identifizierungsnummer muss angegeben sein, wenn Kalibrierscheine erstellt werden.
- 5 Genauigkeitsanforderungen; 5.1 Allgemeine Angaben
- -Genauigkeitsgrade 00, K, 0, 1 und 2
- -00 für das Messlabor
- K zum Kalibrieren anderer Endmaße: geringere Maßhaltigkeit wird durch Kalibrieren ausgeglichen

- 5.2 Toleranz für Ebenheit f_a , wirkt sich durch den Anschubspalt auf das Maß aus.
- 5.3 t_s : Toleranz des Mittenmaßes l_m , entspricht der Parallelität zur anderen Messfläche.
- 5.4 Zulässige Abweichung t_v vom Nennmaß an beliebiger Stelle (Grenzmaße der Maßtoleranz).

- 5.5 Messflächen: nicht wichtig
- 5.6 Seitenflächen: grob in Ebenheit, Parallelität und Rechtwinkligkeit toleriert. Nicht wichtig.
- 6 Prüfung
- 6.1 Allgemeine Angaben: ein Endmaß wird interferentiell gemessen, weitere Endmaße kann man per Unterschiedsmessung prüfen
- 6.2 Interferenzmessverfahren
- 6.2.1 Gemessene Länge: Messung mit einem Anschubspalt, Länge l_m in der Mitte messen, Abweichung f_a, f_s aus l_{bmax} und l_{bmin} ermitteln
- 6.2.2 Anschubplatte: soll aus gleichem Werkstoff wie die Endmaße sein, da sonst mir unbekannte Korrekturen erforderlich sind. Ebenheitstoleranz der Anschubplatte ist mindestens doppelt so genau wie Endmaßfläche
- 6.2.3 Anschubprüfung: Messfläche des Endmaßes wird mit einer Planglasplatte (Ebenheit < 0,1µm) geprüft. Es dürfen keine Interferenzstreifen zu sehen sein.
- 7 Berechnungsgrundlagen für Tabellen (**nicht wichtig**)

Erläuterung: ISO 3650-1978 weitgehend gleich, lässt aber etwas größere Abweichung zu.

verschiedene Maße

werden durch Anschieben möglichst weniger Einzelblöcke kombiniert

Anwendung von Endmaßen

Übertragung des Maßes durch Antasten oder mittels Zubehör, z.B. Endmaßhalter mit Messschnäbeln oder Höhenreißer.

1) Ein: Urmeter2)

Maßverkörperungen (früher: Normal) stellen Teile oder Vielfache einer Längeneinheit Ausgangsgrößen dar

AB DIN 861 „Endmaße“

FO Fragen zu Parallelendmaßen

Gruppenarbeit oder HA, anschließend durchsprechen und TA.

wichtigste Längenmaßverkörperung, da sie genau herzustellen und zu vermessen sind.

Wenn Endmaße längere Zeit angeschoben bleiben, tritt Kaltverschweißung auf.

Querverweis: Die Definition des Meters ist 1983 geändert worden: Meter [m] = c · s / 299792458

Korrektur veraltet für Korrektur (Duden Band 1, 21. Auflage)

Hartmetall und Quarz wegen der Verschleißfestigkeit, (Hengst86/87). Es gibt Endmaße aus Voll-HM oder -Quarz und Deckendmaße mit 1 oder 2mm Dicke aus diesen Werkstoffen die als letztes auf die Kombination angeschoben werden. Verschleiß von HM beträgt ca. 1/50..1/100 dessen von Stahl.

Laut TabB beträgt ist die Längenausdehnung von HM ca. 5-mal größer als die von Stahl (EuroTabM37 S96: Stahl ca. 0,0000115/K; HM: 0,00006/K = 5° Stahl). Die Angaben für HM schwanken aber stark, vermutlich weil es HM mit verschiedenen Zusammensetzungen gibt.

Querverweis: 1m Stahl dehnt sich bei $\Delta T = 10K$ um 1 Zehntel mm.

Die niedrige Längenausdehnung von Quarz ist beim Prüfen von Werkstücken aus Stahl eher ein Nachteil, weil sich die Ausdehnungen von Werkstück und Endmaß nicht kompensieren.

- z.B. durch Gefügeänderung; andere Ursachen: Hinweis auf Lagerung
- Genauigkeitsgrade s.u.
- Größenordnung < 0,1 µm pro Jahr

Die Endmaße des Kalibriergrades sind ca. um die Hälfte billiger als die des Genauigkeitsgrades 00. Die Preisdifferenz rührt daher, dass ihr Nennmaß zwar weit toleriert ist, und ihr genauer Wert weit vom Nennmaß abweichen kann, aber die Abweichung im Kalibrierschein angegeben wird.

Ebenheit von K und 00 sind gleich

FO Toleranzklassen

[Hengst86/87 S38/1; HTFT1-9 S199]

- Fehler in HTFT1-9 S19: Abweichung l_b von l_n darf ($t_n + t_s$) nicht überschreiten. Streiche t_s .

FO Begriffe Endmaße

Alle Maße gelten mit einem Anschubspalt. Ein Anschubspalt hat bei sachgemäßer Reinigung ca. 0,03µm [Klingelnberg] und ist deshalb praktisch meist ohne Bedeutung. Der kleinste Anschubspalt tritt erst nach ca. 1 Stunde auf [Europa: Messen und Prüfen, 1948].

? Schärfere als geforderte Ebenheitstoleranz

6.2.4 Korrekturen: Details siehe Beschreibung Interferometer

6.2.5 Kalibrierschein: für Genauigkeitsklasse K, mit l_m, f_a , welche Seite war angeschoben, Längenausdehnungskoeffizient

6.3 Unterschiedsmessung: die Länge wird mit Normal (siehe 6.2) verglichen. Dabei sind verschiedene Verfahren mit mechanischen Messbolzen zulässig (z.B. nicht pneumatisch); senkrecht oder waagrecht je nach Länge; Abweichungsspanne kann ohne Normal an 4 bestimmten Punkten gemessen werden. Korrekturen der systematischen Fehler, Temperaturen, Längenausdehnungskoeffizienten, Verformungen durch Messkraft.

nicht durchgehen

FO Normalsatz

Ein Normalsatz mit 45EA ermöglicht das kombinieren jeden Maßes von 3..102,999mm in µm-Schritten mit max. 5 Endmaßen.

Anschlusslängen sind bis 3m, andere Sätze und Einzelstücke erhältlich

AB Anwendung von Endmaßen

FO Prüfen einer Grenzrachenlehre

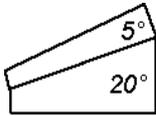


Parallelendmaße

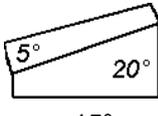
- Maßverkörperung der Länge bis 3000mm
- kombinierbar durch Anschieben
- mit einem Normalsatz aus 45 Stück sind alle Maße von 3 .. 100mm in Schritten von 1µm mit max. 5 Blöcken kombinierbar.

Stufenendmaß

Winkelendmaße

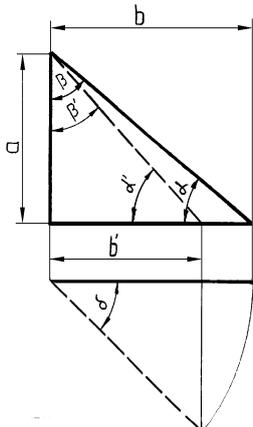


= 25°



= 15°

Pyramidalabweichung



$\tan \alpha = \frac{a}{b}$ (1)

$\tan \alpha' = \frac{a}{b'}$ (2)

$h = b \cdot \cos \delta$ (3)

(3) in (2)

$\tan \alpha' = \frac{a}{b \cdot \cos \delta}$ (4)

(1) in (4)

$\tan \alpha' = \frac{\tan \alpha}{\cos \delta}$ (5)

$\tan \beta = \frac{\tan \beta'}{\cos \delta}$

z.B.: Winkelverkörperung durch ein Winkelendmaß
 Geg: Ein Winkelendmaß mit einem verkörperten Winkel von $\alpha=45^\circ$ wird um $\delta = 3^\circ$ verdreht.
 Ges: Die scheinbaren Winkel α' und den Fehler $\Delta\alpha = \alpha' - \alpha$.

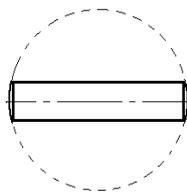
Anwendungen

Winkelverkörperungen, z.B. Winkelendmaß; Teilkreisprüfungen mit Spiegelpolygonen; Gewindeprüfung mit der Dreidrahtmethode oder unter dem Messmikroskop; Sinuslineal.

Zylinderendmaße

Lehrdorn, Messdraht, Lehrdorn, Flachlehrdorn, Prüfstift, Messscheibe, Messstab, Lehrring

Kugelendmaße



kein Verkanten möglich (Taylorscher Grundsatz)

Vertiefung

Berechnung von Kontrollmaßen

M2

Ültg: Wie prüft man Lehren? - Prüflehren oder Parallelendmaße aus Stahl, HM oder Quarz

Oberflächen sind so genau, dass sie aneinander haften. Sie müssen sorgfältig gepflegt werden und dürfen nicht zu lange angeschoben bleiben (Kaltverschweißen).

- Genauigkeit 1: Messunsicherheit < 1µm, ca. 1000,-DM
- Zusammensetzung eines Normalsatzes: 1,001 .. 1,009mm; 1,01 .. 1,09mm; 1,1 .. 1,9mm; 1 .. 9mm, 10 .. 90mm

AB Anwendung von Endmaßen

FO Prüfen einer Grenzrachenlehre

Nicht genormt, für die Überwachung von Koordinatenmessgeräten (Dutschke: Fertigungsmesstechnik)

FTMKO, Mbm

Sätze vorgeben und kombinieren lassen

Die Sätze von Winkelendmaßen sind kleiner als die von Parallelendmaße, weil Winkelendmaße auch subtraktiv verwendet werden können

AM Geodreieck (Tafel) schwenken

AB Pyramidalabweichung

kombinierte Winkelendmaße müssen parallel stehen, da sich sonst der dargestellte scheinbare Winkel ändert (Pyramidalabweichung)

Der scheinbare Winkel α' wird nie kleiner als der verkörperte Winkel α , bzw. β' nie größer als β . Mathematisch ergibt sich dies aus der Tatsache, dass bei einem Kippen $\delta > 0$ der $\cos \delta < 1$ wird, sodass der Bruch in Gleichung (5) größer und in Gleichung (6) kleiner als sein Zähler wird.

- α, β = verkörperter Winkel
- α', β' = scheinbarer Winkel
- δ = Kippwinkel der Winkelverkörperung

Lsg: $\alpha' = \arctan\left(\frac{\tan \alpha}{\cos \delta}\right) = \arctan\left(\frac{\tan 45^\circ}{\cos 3^\circ}\right) = 45,04^\circ$;

FO Spiegelpolygon

FO Dreidrahtmethode

FO Sinuslineal

FO Zylinderendmaße

Anwendung z.B. Prüfung von Bügelmessschrauben.

Kugelendmaße sind ideal zum Prüfen von Messschrauben, da zwischen den planparallelen Messflächen kein Verkanten möglich ist. Tatsächlich schreibt die DIN für Bügelmessschrauben aber Zylinderendmaße vor, vermutlich aus Kostengründen.

- braucht nicht zu fluchten wie z.B. Flachlehrdorne.
- höhere Messkraft durch die Punktlast

AB Anwendungen von Endmaßen

Mbm

FO Prüfung runder Formen => Mathematik

Stufenendmaß -> [Pfeifer 1996] S.175

**Lehren****Einteilung****Profillehren (z.B. Haarlineal), Formlehren**

Prüfung nach dem Lichtspaltverfahren ab ca. 2µm; z.B. Winkel, Schmiegen, Radienlehren, Gewindedrehmeißellehren, Gewindekämme, Sonderlehren

Maßlehren (z.B. Fühlerlehre)

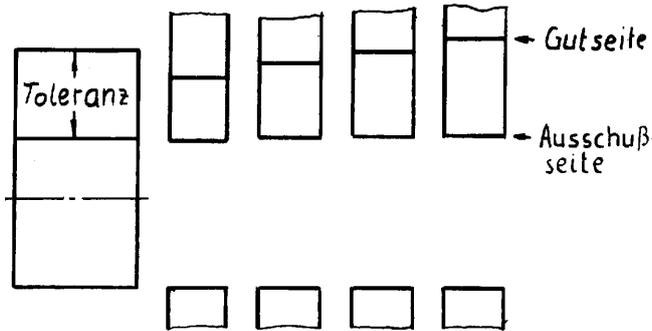
Teile eines Lehrensatzes mit zunehmenden Maßen; z.B. Endmaße, Fühlerlehren (Spione), Prüfstifte

Grenzlehren (z.B. Grenzlehrdorn)

Gut- und Ausschusslehre, nicht immer in einem Körper; Messkraft = Gewicht; Rachenlehre 100 weitet 7,5µm auf

Paarungslehren (z.B. Gewindelehren)

prüfen Paarung, wenn Maßlehren gut zeigen (zB Nuten von Führungen)

Einsatz bei steigender Abnutzung

Arbeitslehre	X			
Revisionslehren		X		
Abnahmelehren			X	Müll

neue Lehren in die Fertigung**Taylorischer Grundsatz****bei Paarungslehren****Die Gutseite prüft alle Größen gemeinsam,**

denn bereits ein Fehler in Maß oder Form verhindert die Paarung von Gutlehre und Werkstück.

Die Ausschussseite muss jede Größe einzeln prüfen,

denn bereits ein gutes Maß / Form oder ein anderes schlechtes Maß / Form kann verhindern, dass Werkstück und Ausschusslehre paaren. Dadurch wäre ein gutes Werkstück vorgetauscht.

Bild von idealen Grenzlehren (Dorn- und Rachenlehre) [Perthen S.I-03]**Vertiefung**

- Warum ist die Ausschussseite eines Grenzlehrdornes kürzer als die Gutseite? (Taylorischer Grundsatz)
- Warum sind Grenzlehrdorne besser zum Prüfen von Nutbreiten als zum Prüfen von Bohrungsdurchmessern geeignet?
- Warum sollen Messschrauben laut DIN mit Zylinderendmaßen geprüft werden? (Entsprechen besser dem Taylorischen Grundsatz als Parallelendmaßen)
- Welche Endmaße wären für die Prüfung von Messschrauben noch besser geeignet? (Kugelendmaße, zu teuer)
- Warum sind beim Lehren von Innendurchmessern Lehrdorne besser als Gutlehre, Flachlehrdorne oder Kugelendmaße aber besser als Ausschusslehre geeignet?

Vergleich von Lehren und Messgeräten

- + schneller als Messen
- - Keine statistische Prozesskontrolle möglich (Änderung der Fertigung werden erst erkannt, wenn Ausschuss vorliegt.)
- - Lehre prüft nur ein Maß (großer Lehrenpark erfordert Geld, Lagerplatz und Verwaltungsaufwand)
- - größerer Verschleiß (Prüfflächen von Lehren werden über das Werkstück geschoben, Messgeräte werden berührungsfrei eingeführt.)
- - keine Datenübertragung an PC

Profillehren: formideale Gegenlehren
Profillehren sind nur 2D, Formlehren 3D

Skalant

Ein Mechaniker prüft in der Fertigung, QA bei der Ausgangskontrolle und Kunde bei Abnahme. Wer bekommt welche Lehre ?

Neue Lehren bei der Endkontrolle würde die Toleranz zu sehr einschränken.

Herstelltoleranzen nach DIN 7162, 7163, 7164**Lehrentypen nach DIN 7150 T2 steigender Abnutzung**

Lehren nutzen bei der Verwendung an der Gutseite ab, an der Ausschussseite kaum. Im Bild ist eine Welle mit ihrem Toleranzfeld dargestellt, rechts daneben 4 Lehren mit steigender Abnutzung der Gutseite. Die Ausschussseite nutzt kaum ab, da sie selten über das Werkstück geführt werden muss. Die neue Lehre mit der engsten Toleranz links muss in der Fertigung eingesetzt werden und heißt deshalb Arbeitslehre. Wenn sie in der Nachkontrolle eingesetzt würde, könnte Werkstücke ausgesondert werden, die in der Fertigung für Gut befunden wurden und auch gut sind. Besser ist es, sie in der Fertigung einzusetzen, weil der Fertigungsprozess nachgeregelt werden kann und deshalb nicht viel Ausschuss wegen der engen Toleranz zu erwarten ist.

Für die weiteren Lehren gilt entsprechendes, sie heißen Revisionslehren und Abnahmelehren. Die Lehre, die gerade noch in der zulässigen Werkstücktoleranz liegt, muss in der Endabnahme eingesetzt werden. Die äußerst rechte Lehre liegt außerhalb der Werkstücktoleranz und gehört in den Abfall.

Arbeitslehren: in der Fertigung

Revisionslehren: Ausgangskontrolle

Abnahmelehren: Eingangskontrolle des Abnehmers, muss die volle zulässige

Lehrenabnutzung akzeptieren

Sonst Lehren häufig mit HM-Plättchen

Plättchen nachstellbar mit Gießharz befestigt: (Hahn&Kolb 1990 S32/7)

Prüfungslehren zum Prüfen der Lehren sind nach Reichard9 S.43 in DIN 2257T1 enthalten, aber in der Fassung von 1982 habe ich sie nicht gefunden.

AB, Ültg

- 1) Innenkegel innerhalb der Toleranz mit Kegelhrenzlehrdorn?
- 2) Innenkegel mit Untermaß an einer Stelle P Gutseite dringt nicht ein P Innenkegel ist zu klein?

EuroM50 S24 B2

FO Taylorischer Grundsatz beim Kegelhrenzlehrdorn

- 3) Innenkegel mit Übermaß an einer Stelle P Ausschussseite dringt nicht ein P Innenkegel scheint i.O.

- 4) Innenkegel mit Maß innerhalb der Toleranz an 1 oder 2 Stellen P Ausschussseite dringt nicht ein P Innenkegel scheint i.O.

Zum Behelf kann man eine mit Kreide gefärbte Kegellehre im Kegel drehen und anhand der Verwischung feststellen, wo der Kegel nicht an der Lehre anliegt. Doch diese Methode erfordert Erfahrung, Zeitaufwand und Verschleiß der Lehre.

Taylorischer Grundsatz: Brit. Patent 6900 vom 01.04.1905

EuroM52 S17 B2

- Warum hat die Ausschussseite einer Gewindelehre nur wenige Gewindegänge und verkürzte Flanken? (Gutseite entspricht dem Mindestmaß des (Innen-)Gewindes. Ausschussseite entspricht dem Höchstmaß, hat aber verkürzte Flanken (gegen Fehler im Flankenwinkel) und wenige Gewindegänge gegen Steigungsfehler.)
- Warum ist das Lehren von Gewinden trotz seiner Problematik weit verbreitet? (Mit Abstand einfachstes Verfahren.)
- Warum müssen Lehren im Verhältnis zum Prüfteil etwa zehnfach genauer hergestellt werden?
- Warum entsprechen Flachlehrdorne dem Taylorischen Grundsatz für Ausschusslehren besser als Messscheiben?
Messscheiben verkörpern neben dem Maß auch eine Rundheit.

Bei der statistischen Prozesskontrolle werden die Messergebnisse einer Serienfertigung überwacht. Wenn sich die Messergebnisse ändern, auch wenn sie noch innerhalb der Toleranz liegen, ist dies ein Hinweis auf Veränderungen im Produktionsprozess. Man kann die Ursachen für die Änderung erforschen und beheben bevor Ausschuss produziert wird. Da Lehren nur eine Aussage (Gut, Ausschuss, Nacharbeit) geben, ist mit ihnen keine statistische Prozesskontrolle möglich. Sonderanfertigung von Lehren für ungewöhnliche Maße erfordert zusätzlich Zeit, die bei eiligen Aufträgen fehlen kann.



andere Maßverkörperungen

Strichmaßstäbe DIN 2268

Maßverkörperung: Abstand zweier Striche zum Messen von Längen [m] oder Winkel [°].

z.B.

- Prüfmaßstäbe nach DIN 865 /83
- Arbeitsmaßstäbe nach DIN 866 /83

Auch zum automatischen Ablesen

- optische oder induktive Teilungen an NC-Maschinen
- elektronischen Feinzeigern (Langwegmesstaster)
- 3-D-Koordinatenmessmaschinen usw.
- kapazitive Teilungen an Messschiebern mit Digitalanzeige.

Lichtwellenlänge

Messunsicherheit bis ca.0,1µm

- z.B. Planglasplatte, Interferometer, Endmaßprüfung

mechanische Teilungen

- Gewinde (Bügelmessschraube)
- Zahnstangen (Messschieber mit Rundskale, Messuhr)
- Winkel, Haarwinkel
- Messsäulen
- Teilkreise
- Spiegelpolygone

Verkörperungen von Geraden und Ebenen

- Flach- oder Haarlineale DIN 874
- Prüfplatten DIN 876
- Planglasplatten DIN 58161
- Planparallelglasplatten

5 Regie

6 Regie

DIN 2268 Längenmaße mit Teilung gilt für Strichmaßstäbe, Messspindeln, Interferenzfelder und definiert Toleranzen, Teilungsfehler usw. und ist qualitativ zu lesen. Maßgebend im Wortsinne für einen Strich ist seine Mittellinie. Mehrere Messungen an verschiedenen Stellen und Mittelung verringert Messunsicherheit. Das Auflösungsvermögen des normalen Auges beträgt 0,07mm aus 250mm Abstand. Wegen Ermüdung ist der praktische Strichabstand mindestens 0,8mm, bzw 0,8/Vergrößerung einer Lupe.

Prüfmaßstäbe dienen zum Prüfen von Arbeitsmaßstäben.

Maßstäbe auf Prüfplatten (DIN 876) oder auf Besselschen Punkten auflegen.

Da der Nonius eines mechanischen Messschieber nur eine Ablesehilfe für Zwischenwerte ist, haben Messschieber dieselbe Messunsicherheit wie Maßstäbe

AM Maus

AM, FO Glasmaßstab

Optische Teilungen arbeiten mit Durchlicht (Glasmaßstäbe) oder Auflicht (Stahl, weniger empfindlich). Alle Teilungen können Zwischenwerte analog ablesen.

Die Lichtwellenlänge λ kann durch Lichtinterferenz mit einer Genauigkeit von $\lambda/2$ sichtbar gemacht werden. Die Wellenlänge λ von Tageslicht beträgt ca 0,3µm. Andere Wellenlängen können durch Laser, Prismen, Spektrallinien usw. erzeugt werden. Bis 1983 war ein Meter durch die Wellenlänge eines Krypton-Isotopes definiert, jetzt gilt: Meter [m] = $c / 299792458$ s.

$c = f \cdot \lambda$; (Ausbreitungsgeschwindigkeit = Frequenz · Wellenlänge).

Spiegelpolygone sind Flächenkreisteilung mit meist 4, 8, 12, oder 36 Flächen. Sie werden auf der Achse des Prüflings befestigt und mit Rändelschrauben parallel ausgerichtet wegen der Pyramidalabweichung. Durch halbdurchsichtigen Spiegel wird Licht auf das Polygon geworfen und auf eine Strichplatte reflektiert. Die Lage der Reflexion auf der Strichplatte bestimmt den Drehwinkel. Anwendung zum Einstellen und Messen von Winkeln an Teilkreisen, Lochscheiben, großen Zahnrädern, Drehtischen usw. Sie werden selbst durch Kollimatoren geprüft. In allen Fällen muss die Pyramidalabweichung beachtet werden.

FO Spiegelpolygon

FO Anwendung von Endmaßen (Messsäule)

Lineale haben keine Maßstäbe!

Flachlineale mit Ebenheitstoleranz, Haarlineale mit Geradheitstoleranz, Genauigkeitsgrade 00..2

aus GG oder Hartgestein. Verwendung als Bezugsebenen zum Anreißen, Tuschieben, Messen oder als Bezugskanten

zur Ebenheitsprüfung, z.B. bei Anschubflächen von Endmaßen.

Interferenzmuster → Reichard9 S.47.

zur Prüfung der Parallelität von Ebenen, z.B. bei Messflächen von Bügelmessschrauben.



Elektrische Längenmessung

DIN 32876 T1

Analoge Erfassung

Wegaufnahme

kapazitiv, induktiv oder "ohmsch"

Messeinrichtung

Aufnehmer, Messgerät, Stromquelle

Merkmale

- Einsatz wie Feinzeiger und Messuhr
- Anzeige vom Messtaster getrennt
- variable Empfindlichkeit durch el. Verstärkung
- Messtaster können gekoppelt werden
- positive Polarität: positive Anzeige bei hineingehendem Messbolzen. Negative P.: umgekehrt.
- Verarbeitung der Messwerte durch Computer

Berührender induktiver Messtaster

(Standardverfahren)

- Messkraft bis unter 0,02 N, Auflösung bis 0,01µm, zB. für Vergleichsmessung von Parallelendmaßen.
- Prinzip vgl Trafo: Lage des beweglichen Eisenkerns bestimmt induzierte Spannung in Sekundärspule.
- Frequenz beeinflusst Messung, deshalb verschiedene Hersteller schlecht kombinierbar.
- Sinusförmige Kennlinie, verwendet wird der annähernd lineare mittlere Bereich.
- kann ohne Justierung eingesetzt werden

Digitale Erfassung

Grundlagen

- Verschiebung des Aufnehmers vor (opto-)elektron. inkrementaler oder codierter Maßverkörperung
- Prinzip: opto-elektronisch (Durch- oder Auflicht), kapazitiv (Messschieber), induktiv oder magnetisch
- Teilung bis 5µm, Auflösung bis 1µm (beide optisch)
- inkremental: Signale > AD-Wandlung > Vor-Rückwärtszähler. Keine Zuordnung von Position zu Messsignal, sondern Verschiebung wird gezählt, Messwert mit Ausgangsposition errechnet. Referenzpunkt und Richtungsermittlung nötig. Elektronische Interpolation ermöglicht höhere Auflösung als Teilung.
- codierte Maßverkörperung: unveränderliche Signalkombination für jede Position (Binär-, Greycode)

Messeinrichtung

- Maßverkörperung, Aufnehmer, A/D-Wandler, Vor-Rückwärtszähler (Decodierer), eventuell el. Interpolation, Signalleitungen, Energieversorgung

Anzeige der Werte

analog

- Rundskale
- Langskale (quasi-analog)
- Plotter

elektronische Weiterverarbeitung

- Regelung
- statistische Auswertung
- Speicherung

Messeinrichtungen

- bestehen aus Messgrößenaufnehmer, Messumformer, Messverstärker, Messumsetzer, Messwertausgabe
- Symbole HTFT1-9 S15
- Messgrößenaufnehmer nimmt Messgröße auf (zB Taster, pneumatischer Messdorn, Amboß, Messspindel, Fühler). M. entfällt, wenn die Messgröße gleichzeitig Messsignal ist, zB Spannungsmessung.
- Messumformer bringt das Signal in eine andere physikalische Form, beide Formen werden im Symbol angegeben
- Messverstärker verstärkt die eingehenden Signale, in mechanischen Systemen durch Übersetzung oder optische Vergrößerung.
- Messumsetzer (A/D- oder D/A-Wandler)
- Messwertausgabe
 - direkt (sichtbar) durch Anzeiger (Skalen-, Ziffernanzeige), Schreiber, Drucker, Zähler
 - indirekt zur weiteren Bearbeitung der Messsignale (zB Regler) oder auf Datenträger (Lochkarten, Lochstreifen, Magnetband, Diskette, RAM)
 - können mit Signalgebern oder Grenzwertgebern ausgerüstet sein (Sortieren, Fertigungswechsel, Warnung, vereinfachte Anzeige)

7 Regie

8 Regie

Axialmesstaster: Messbolzen und Messumformer fluchten, Messtechnischer Grundsatz ist eingehalten
 - Parallel geführter Messtaster, Fühlhelmesstaster
 Messaufnehmer: Austauschbarkeit in einer Gerätefamilie ist Norm. Messunsicherheiten von Taster und Messgerät müssen addiert werden (Beiblatt DIN 32876 T1, Pythagoras). mechanische Anschlussmaße sollen denen der Messuhr, Feinzeiger oder Fühlhelmesstaster entsprechen. Abweichungsspannen und mechanische Grenzfrequenz müssen angegeben werden.
 Prüfung bis u +/- 0,5µm mit kalibrierten Endmaßen, darunter per Laserinterferenz

Beiblatt zu DIN 32876 T1

Medien

berührungslos

- vernachlässigbar kleine Messkräfte
- Messen an sehr schnell bewegten Objekten
- induktiv für ferromagnetische Stoffe
- Wirbelstromverlustprinzip für el. leitenden Stoffe
- kapazitiv geht über Dielektrizitätskonstante
- gegenseitige Beeinflussung vermeiden
- berührungslos: ist abhängig von Werkstoff, Form des Werkstückes und Dielektrikum; muss justiert werden.

DIN 32876 "Elektrische Längenmessung", T2 "digital"

Anwendung

(meist inkremental)

- NC-Maschinen
- Langwegmesstaster: mechanisch-berührend, für lange Wege, Anwendung wie Axialmesstaster
- Koordinatenmessmaschinen
- Höhenmesseinrichtungen: Messständer, oft kombiniert mit induktiv-analoger Messung
- Messschieber (kapazitiv)
- Winkelmessung (zB Knickarmroboter)

Datenübertragung

- serielle Schnittstelle DIN 66348
- parallele Schnittstelle (BCD) DIN 66349

digital

- Ziffernanzeige
- Drucker



Optische Längenmesstechnik
(überarbeiten)

Vergrößerung durch Linsen
Grundlagen der

- optische Sammellinse
- $1/f = 1/g + 1/b$ (f: Brennweite, b: Bildweite, g: Gegenstandsweite, Objekt)
Objekt zwischen Linse und Brennpunkt
- 1 Lichtstrahlen divergieren vor der Linse weniger als dahinter. Das Auge nimmt ein virtuelles Bild des Objektes wahr, das hinter dem Objekt liegt und größer ist. Trotz der scheinbar größeren Entfernung erscheint das Bild größer, da der Sehwinkel größer wird.
 - 2 Die relative Vergrößerung nimmt mit dem Abstand des Auges von der Linse zu. Der Sehwinkel wäre aber am größten, wenn sich das Auge direkt vor der Linse befände, dort kann es aber nicht akkommodieren.
 - 3 Je weiter der Objekt von der Linse entfernt ist, desto weniger divergieren die Lichtstrahlen vor der Linse, das Auge kann näher an die Linse, die Vergrößerung wird immer besser.

Wirkungsweise einer Lupe

- ? Wirkung einer Sammellinse beim Brennen mit Sonnenstrahlen
- TA Brennen mit Lupe und Sonnenlicht
- ankommende parallele Strahlen werden durch eine Sammellinse in der Brennebene gesammelt (fokussiert) und umgekehrt.
- Abstand Brennebene - Lupe = Brennweite f.
- Schnittpunkt Brennebene - opt. Achse = Brennpunkt
- ? Entfernung Gegenstand - Lupe bei maximaler Vergrößerung
- Brennweite f
- TA Gegenstand (Objekt) in Brennebene einer Lupe
- Die Lupe richtet das vom Objekt in der Brennebene ausgehende Licht parallel. Die Größe des Abbildes erscheint unabhängig von der Entfernung des Auges.
- ? Vorteil der Lupe gegenüber bloßem Auge
- Mit Lupe kann der Abstand Auge - Objekt bis zur Brennweite der Lupe gesenkt werden (entspannt)
- Mit bloßem Auge ist die deutliche Sehentfernung mindestens ca 250 mm (angestrenzte Pupille)
- Merke Eine Lupe vergrößert nicht wirklich, sondern ermöglicht mit entspanntem Auge eine größere Annäherung an das Objekt

Wirkungsweise eines Messmikroskops

Vertiefung

- 9 Regie
- 10 Regie

AM Lupe, mech. Messschieber, Gewinde, OH-Projektor, Krepp

Grundlage: Tritt ein Lichtstrahl von einem optisch dünneren (Lichtgeschwindigkeit c_1) in ein dichteres Medium ($c_2 < c_1$), so wird er gebrochen. Für die Winkel gilt: $\sin \alpha / \sin \beta = c_1 / c_2$. Die Brechzahl n bezieht sich auf $c_1 = c_{\text{Luft}}$.

- Objekt im Brennpunkt.
- 4 Im Brennpunkt ist der Sehwinkel so groß, als wenn man den Objekt vor das Auge im Abstand der Brennweite legen würde. In diesem Abstand kann das Auge nicht scharf stellen. Die Lupe vergrößert also nicht, sondern sie ermöglicht dem Auge, aus scheinbar kürzerer Entfernung scharf zu sehen.
 - 5 Die Vergrößerung V einer Lupe berechnet man deshalb aus der Brennweite f wie folgt: $V = 25\text{cm} / f$ (25cm ist normalerweise die kürzeste Sehweite, die ein Auge scharf stellen kann). Maximale Vergrößerung: 20fach wegen Linsenfehler.
- Objekt hinter dem Brennpunkt
- 6 Vor der Linse divergieren die Strahlen nicht mehr, sondern sie konvergieren. Dies kann das Auge nicht ausgleichen. Wenn sich das Auge zwischen Brennpunkt und Linse befindet, erscheint das Bild unscharf.
 - 7 Die konvergierenden Strahlen treffen sich in der Bildebene und erzeugen ein reelles Bild. Dieses Bild kann vom Auge mit oder ohne Mattscheibe gesehen werden, es ist aber seitenverkehrt auf dem Kopf.
 - 8 Bei optischen Systemen wie Mikroskop oder Fernrohr schaut man durch vergrößernde Linsen in die reelle Ebene.
 - 9 In die reelle Ebene können Strichmaße eingeschwenkt werden.

- Ein - Ablesen von mechanischen Messschiebern zB mit 1/50-Nonius wird durch Lupe vereinfacht
- Vergrößerung $v = 250\text{mm} / f$
 - Wdhg ? Brennweite einer Standlupe mit Aufschrift 6x
 - $f = 250\text{mm} / 6 = 41\text{mm}$
 - ? Für mich haben alle Lupen eine kleinere Vergrößerung als angegeben. Warum ?
 - kurzsichtig, deutliche Sehentfernung $< 100\text{mm}$
 - die Lupe oben für mich hat $v = 100 / 41 = 2,5$
 - ? Anwendung von Lupen (Bez Hengst87)
 - TA - Ablesehilfe ermöglicht kleinere Teilung von Strichmaßen (vgl Din 2271) (zB mit Haftmagneten für Messschieber 9,86DM)
 - Oberflächenprüfung; Mikrolupe mit Beleuchtung: 68DM
 - Messlupe mit Skale; Meb 15mm, Teilung 0,1: 80DM
 - Messlupen mit Strichplatten (Muster, Winkel, Längen)
 - typische Vergrößerung 4 .. 10fach, darüber Linsenfehler
- Erkl nur bei Fragen
- FO Verhältnisse, wenn Objekt zwischen Brennebene und Linse ist
- Divergenz der Strahlen wird verringert, dadurch kann das Auge näher ans Objekt = Vergrößerung (so)
 - Vergrößerung wird verringert, weil das Objekt weiter entfernt scheint (virtuelles Bild)

- Ültg Verhältnisse, wenn Objekt jenseits der Brennebene liegt
- AM - (nah und unscharf) oder (fern und lagevertauscht)
- ? Erklärung
 - TA Strahlengang mit Objekt außerhalb der Brennweite
 - Zwischen Objektiv und reellem Bild konvergieren die Strahlen: unscharf für das menschliche Auge
 - Objekt in reelles Bild lagevertauscht projiziert.
 - Jenseits des reellen Bildes divergieren die Strahlen, es kann betrachtet werden
 - ? Anwendung
 - TA - Mattscheibe (Projektor, Reichard9 S32, großes Bild, für mehrere Personen, ermüdungsfrei, Formvergleich mit Zeichnungen, Mustern und Gegenlehren möglich, Nachzeichnen möglich, Microfiche)
 - Leinwand (zB OH-Projektor, Kopfstand wird durch Spiegel korrigiert, Seitenverdrehung ist sinnvoll)
 - lagerichtige Betrachtung durch Okular mit Brennebene im reellen Bild (zB Mikroskop, Fernrohr: Vergrößerung $v = v_1 \cdot v_2 = f/f$).
 - ? Aufbau Messmikroskop
 - TA - Strichmarke können in reelle Ebene geschwenkt werden (zB Revolverokular mit Gewindeprofilen Reichard9 S30, Strichkreuze, Koordinaten)
 - Objekt wird auf verschieblichen Messtisch gespannt.
 - Kreuz- oder Rundmesstisch (meist kombiniert) mit Feinmessspindeln kombiniert mit Endmaßanschläge in 25mm-Schritten oder Impulsmaßstäbe
 - Bewegungen des Messtisches können je nach Messsystem angezeigt werden, auch im Mikroskop.
 - ? Aperturblende einzeichnen. Vor- und Nachteile
 - FO, Erkl Apertur-Blende
 - Demo Gewinde auf OH-Projektor, Lochblende im Brennpunkt 2
 - Nachteil: Lichtstärke (vgl Kamera)
 - Lochblende im Brennpunkt des Objektivs (Richtung reelles Bild) lässt nur Strahlen durch, die parallel zur optischen Achse in das Objektiv fielen.
 - Da deren Richtung unabhängig von der Entfernung zum Objektiv ist, ändert sich die Vergrößerung nicht mit der Entfernung (zB beim Scharfstellen, Unschärfe im reellen Bild gleicht Okular aus).
 - Apertur-Blende muss vergrößert werden, wenn das Objekt größer als das Objektiv ist. Dies führt zu Größenverzerrungen (systematische Messabweichung).



Gewindeprüfung mit dem Mikroskop

- ? Wie können Gewinde im Mikroskop geprüft werden
- Demo OH-Projektor, verschiedene FO und Modelle
- Schraube in Objektebene (auf OHP), von hinten beleuchtet: Schattenbildverfahren
 - Umriss liegt meist außerhalb Objektebene (wg ϕ und wg Scharfstellung durch Betrachter) und ist deshalb größenverzerrt. Ausgleich beim Messmikroskop durch Apertur-Blende, beim OH-P. durch scharf stellen.
 - Lehren: Gewindeprofile im Revolverokular in die reelle Ebene bringen (Reichard9 S30) Reelle Ebene beim OH-P. ist die Leinwand. Dies ist umständlich, deshalb Gewindeprofile und Papiergewinde auf OH-Platte.
 - Vergleich Schattenbild mit Strichmarken (meist viele M und Whitworth-Gewinde)
 - Messen Strichkreuz in reeller Ebene. OVL-FO. Punktweises Vermessen des Gewindes durch Verschieben des Messtisches. Berechnung der Maße aus Koordinaten.
 - oder Ablesen der Koordinaten auf der Strichplatte leichter auf OH-P. darzustellen)
- ? Welche Maßen des Gewindes können gemessen werden
- Außen ϕ , Kern ϕ und Steigung
 - Flanken ϕ kann nicht gemessen werden.
 - Gewinde muss um Steigungswinkel geneigt werden, da sonst die Schattenbild und Axialschnitt des Gewindes nicht identisch sind bzw nicht sichtbar (Vgl FO Flachgewinde, Gewinde mit großer Steigung, Vgl Gewinde auf OH-P. leicht anheben: Bild wird symmetrisch). Dazu sind Mikroskopständer und Beleuchtung schwenkbar

Feinmessokular, Okularmessschraube

optische Messgeräte

Kollimator

- Bez Reichard9, S33
Richtungsprüfung
- Bilder Bez HTFT1-9 S34
- BI Kimme und Korn (Vgl: Gewehr)
- Strichmaßstab steht auf der Führungsbahn und wird angepeilt
 - Höhenabweichung, aber keine Neigung feststellbar
 - Maßstab schwer erkennbar, Auge stellt keine drei Punkte gleichzeitig scharf.
- BII Fluchtferrohr (Vgl: Zielfernrohr)
- Kreuzstrichplatte statt Kimme und Korn
 - leichter abzulesen als Kimme und Korn, prinzipielle Probleme bleiben erhalten.

Vertiefung

Ültgehort zu genauesten Verfahren, wird wg Preis nur für Mess- und Präzisionsgewinde angewandt

- ? Um wieviel muss das Gewinde angehoben werden (M30*100)
- FO Flachgewinde, rechtwinkliges Dreieck einzeichnen
- Hypothenuse: gewünschter Blick parallel zu Flanken
 - Lange Kathete: Blickrichtung radial auf das Gewinde, Länge: Kern_ * η = 25,71 * η mm = 80,77mm. Kurze Kathete: Steigung P = 3,5mm
 - Um Steigungswinkel ϕ = $\arctan(P/(\text{Kern}_\eta)) = 2,5^\circ$
- ? Wie misst man Flanken_ und Flankenwinkel
- Bez Anordnung und Formeln **Reichard9 S59**
- je eine linke und rechte Flanke messen und mitteln, um Abweichungen zwischen Gewindeachse und Koordinatenachse auszugleichen.
 - Flankenwinkel_1 wird korrigiert: $\tan_1 = \tan_1 / \cos \phi$ wg Pyramidalabweichung (s. TZ Winkelendmaße)
- ? Vereinfachung durch Achsenschnittverfahren
- FO - Messschneiden fahren an Messflächen des Prüflings
- Ablesen der Markierungen auf Messschneiden: Aufflicht
 - Schwenkung entfällt, da Messschneiden in Höhe der Gewindeachse liegen (Reichard9 S30 B1)
- Vtfg TA
- ? auch für: Gewinde, Kegel, Zylinder, Strichmaße

- Bez Reichard9 S37, Techniklexikon "Okularmessschraube"
- FO **Okularmessschraube (Techniklexikon)**
- nicht die Projektion, sondern die Markierung wird durch Drehung parallel verschoben (spiralförmige Anordnung).
- Buch **Feinmessokular (Reichard9 S37)**
- Strichmaßstab wird in eine Strichplatte projiziert. Mit der Strichplatte wird eine Planglasplatte verdreht und die Projektion parallel verschoben, bis er in eine Markierung passt. An Markierung und Winkerteilung wird der Messwert abgelesen.
- Ein Drehmaschine wird eingerichtet, dabei Fluchtung der Führungsbahn soll geprüft werden
- Strecken fluchten, wenn sie eine Gerade als gemeinsame Achse haben, entspricht Geradheit. (zB die Mittelachsen mehrerer Lager, die Führungsbahn in sich)
- Strecken sind gerichtet, wenn sie eine gemeinsame Achse haben, entspricht Parallelität.
- BIII Kollimator (praktisch ausgeführt)
- von hinten beleuchtetes Strichkreuz als Ziel. Eventuell wird das Strichkreuz nur in die Glasplatte projiziert.
 - Höhen- und Seitenabweichung feststellbar
 - Neigungen in keiner Ebene feststellbar
 - Fluchtferrohr wird auf Strichkreuz des Kollimators ausgerichtet und fokussiert
- BIV Fluchtungsferrohr mit Planplattenvorsatz (praktisch vorgeführt)
- Vor dem Fluchtungsferrohr werden zwei planparallele Glasplatten angebracht, die um die horizontale, bzw. vertikale Achse drehbar sind.
 - Durch Drehung der Glasplatten wird man das Strahlenbündel parallel versetzt und auf die Mitte des Kollimationsstrichkreuzes gerichtet. Durch Ablesen der Plattenkipplung kann man Fluchtungsabweichung feststellen (wenige mm ?)
- Vtfg Anwendung
- Maschinenführungen, Lagerbohrungen, Rohren

Pruefen_TA_optisch.odt

TZ optische Messgeräte, Richtungsprüfgeräte

- Ein Prüfung von Kreisteilungen mit Spiegel-Polygon als Maßverkörperung, dabei muss nicht Fluchtung gemessen werden, sondern Richtungsabweichung des Spiegels stellt Winkelabweichung von der Bezugsachse fest
- Strecken sind gerichtet, wenn sie parallel verlaufen
- Messung der Abweichung von einer Bezugsgerade
- Richtungsprüfung einer Schlittenführung, Draht als Bezugsgerade (DIN 8606, HTFT1-9 S33 B1)
 - parallel zum Schlitten wird ein Draht gespannt
 - auf dem Schlitten fährt ein Mikroskop und wird auf den Draht fokussiert
 - Mikroskop vermisst in verschiedenen Stellungen auf dem Schlitten die Lage zum Draht, Abweichungen von der Gerade können so festgestellt werden.
 - Verwindungen des Schlitten mit gleichzeitiger seitlicher Abweichung führen zu unscharfer Abbildung des Drahtes (?)
- BV Richtungsprüfung mit Kollimator
- Wdhg -Vgl: Brennglas (Strahlenrichtungen sind umkehrbar)
- Alle Strahlen, die parallel zur optischen Achse des Kollimators auf diesen eintreffen, werden in dessen Brennpunkt fokussiert. Wenn Strahlen parallel, aber geneigt zur optischen Achse treffen, werden sie abseits vom Brennpunkt des Kollimators in der Brennebene fokussiert. Wenn in der Brennebene ein Strichkreuz angebracht ist, lassen sich Neigungen zur optischen Achse feststellen.
- Fluchtferrohr wird nicht auf Kollimator fokussiert, sondern ins Unendliche gestellt, der Strahl wird im Kollimator fokussiert.
 - Parallelverschiebung wird nicht angezeigt
 - Neigung wird unabhängig von der Entfernung angezeigt.
- Demo Fernglas als Fluchtferrohr, OHP als Kollimator
- BVI Autokollimator
- Kollimator und Fluchtferrohr sind integriert
 - im Ziel steht ein Spiegel
- Vtfg Anwendung
- Messen von Neigungsänderung an Führungsbahnen
 - Prüfen von Kreisteilung mit Spiegel
 - Prüfen von Flächenparallelität
 - Prüfen der Winkelstellung von Werkstücken und Planscheiben
 - allgemeine Richtungsprüfungen (zB Artillerie)

TZ opto-elektronische Messgeräte

Durchlichtmessverfahren

- HTFT1-9 S35 Bx
- Prüfling wird in den Strahlengang einer Laserlichtquelle gebracht
- Laser, weil dieser paralleles Licht erzeugt.



- Ein Scanner verschiebt den Strahl schnell parallel, seine Intensität wird von Fotozellen (Diodenarray) gemessen. Die Hell-Dunkel-Grenze markiert die Kontur des Prüflings.
- Genauigkeit 1µm bei Meß 1mm

Auflichtmessverfahren

- HTFT1-9 S35 Bx
- Auf den Prüfling wird schräg ein Laserstrahl aufgebracht.
- Der Laserstrahl wird durch Änderung des Abstandes oder des Reflexionswinkel Versetzt.
- Bei relativen oder absoluten Maxima und Minima des Abstandes ist der Reflexionswinkel 0 und ändert seine Steigung.
- Wenn der reflektierte Laserstrahl seine Richtung wechselt, kann der Abstand gemessen werden.
- Genauigkeit 5µm bei Meß 1mm, ausreichend für die Regelung der Werkzeugnachstellung.

Wegmessung durch Interferenz

- HTFT1-9 S35 Bx
- Ein Laserstrahl wird durch einen Strahlteiler geschickt. Ein Teil wird von einem feststehenden Spiegel reflektiert, der andere von einem Beweglichen (zB auf einem Schlitten).

Beide Strahlen werden wieder zusammengeführt. Je nach Phasenlage addieren sich die Helligkeiten oder löschen sich aus (Interferenz). Hell-Dunkel-Wechsel zeigt somit Abstandsänderung an.

- Wenn sich der Schlitten bewegt, kann ein Computer die Hell-Dunkel-Phasen zählen und den Weg des Schlittens aus der bekannten Wellenlänge des verwendeten Lichtes berechnen.
- Messgeschwindigkeit nicht über 0,3m/s

Oberflächenrauheit durch Interferenz mit Scanner

- HTFT1-9 S35 Bx
- Prinzip wie oben
- Ein Scanner richtet viele Strahlen auf eine Oberfläche (zB Folie), die sich quer zum Strahl bewegt.
- Interferenz kann nicht die Richtung einer Abstandsänderung anzeigen, aber zu schneller Hell-Dunkel-Wechsel deutet auf Unregelmäßigkeiten.

TZ Vorteile der optischen Messtechnik

? Warum wird Licht eingesetzt

Bez Reichard9 S30: Vorteile

- Berührungs- und messkraftfreie Messung
- optische Strahlen sind gerade, masse- und trägheitslos (lange Wege sind möglich)
- Strahlengänge können ohne Schaden durchgegangen werden (da lacht der Laserstrahl)
- durch Einschwenken optischer Systeme lassen sich verschiedene Vergrößerungen erreichen
- Umkehrspannen entfallen

Erl Effekte aus Relativitäts- und Quantentheorie vernachlässigt

TZ Wegmesssysteme, Maßverkörperungen

Bezifferte Strichteilungen

- HTFT1-9 S37 B2
- Strichmaße in [mm] oder [°] auf Glas oder polierten Stahlmaßstäben wird in Betrachtungsoptik projiziert.
- in der reellen Ebene liegt eine Strichplatte mit Einfanggabeln und eine drehbare Strichplatte, an die eine Planglasplatte gekoppelt ist.
- Die drehbaren Strichplatte wird gedreht, bis die kippende Planglasplatte einen Teilstrich des Maßstabes in eine Einfanggabel projiziert. Die Einfanggabel entspricht der Zehner-Teilung, die Tausendstel werden am Rand der drehbaren Strichplatte abgelesen.

TZ Wegmesssysteme, digitale und analoge Messverfahren

analoge Messverfahren

- fortlaufende Änderung des Messwertes bewirkt stetige Änderung einer andern physikalischen Größe.
- technisch einfacher herzustellen und zu beherrschen
- unterliegt der Ungenauigkeit analoger Systeme (zB Alterung, Fertigungstoleranzen)
- für digitale Steuerung ist ein A/D-Wandler notwendig.



Pneumatisches Messen

ca. 90' Zeitbedarf

DIN 2271 T1 - T4 (September 1976): lesbar, aussagekräftig

AM Kompressor

- 1) *Wie kann ich mit dieser Anlage eine Länge messen?*
Vorher: Kessel füllen, Luftschlauch zudrücken, Druckregler auf 1 bar einstellen. Nachher Schlauchende mit abfließender Luft gegen eine Oberfläche halten, Manometer zeigt 0 .. 1 bar abhängig vom Abstand. Gewicht der zusätzlichen Luft im Kessel: $Kesselinhalt \cdot 9l/bar \cdot Kesseldruck \cdot Dichte \text{Luft } 1,3kg/m^3 = 93,6g$
- 2) *Schildern Sie das Messprinzip*

Messprinzip

Druckluft strömt durch eine Messdüse auf eine Prallplatte, die Annäherung der Platte verringert den Austrittsquerschnitt und wirkt als Drossel. Dadurch sinken Strömungsgeschwindigkeit und Volumenstrom und steigt der Druck (ohne Widerstand baut sich kein Druck auf). Bei runder Düse darf der Abstand zur Prallplatte höchstens 1/4 des AustrittsØ der Düse betragen

Einfluss der Oberfläche

Rauheit der Prallplatte ab $Rz = 3$ [Millipneu] .. 5 [DIN] µm beeinflusst den Volumenstrom und verfälscht das Messergebnis. Dies soll mit berührenden Messwertaufnehmern (Messkraft <0,2N, Feinzeiger 0,4 .. 3N) oder durch Vergleichsmessung mit einem solchen ausgeschlossen werden. Ein Hersteller hat ca. 1990 ein Gerät zur pneumatischen Rauheitsmessung [Sander], meine Rückfrage ca. 1994 ergab aber, dass diese Geräte nicht mehr angeboten werden.

FO Kontaktmessung / AB Anzeigende Messgeräte

- 3) *Welche Messdüse ist für die Dickenmessung von Videobändern besser?*

Berührungslose Messwertaufnehmer

Prallplatte ist die Oberfläche des Prüfgegenstandes, deshalb Einfluss der Oberfläche etwa ab $Rz=5\mu m$; selbstreinigend; sehr kleine Messkraft (nach DIN: vernachlässigbar)

Unempfindlich: besonders für die Fertigung

Bauarten nach DIN 2271 T2 (dort auch Bilder): Düsenmessdorne (Bild 1); Düsenmessringe und -rachen (Bild 2); Düsenmessstaster (Bild 3);

- 4) *Wie schaltet man den Oberflächeneinfluss aus?*

Berührende Messwertaufnehmer

Mechanisches Antasten durch Tastelement bewirkt Spaltänderung zwischen Messdüse und Prallplatte: kleinere Messunsicherheit; kein Einfluss der Oberflächen; besser in Ecken; Messkraft < 0,2 N (nach DIN)

Bauarten nach DIN 2271 T2 (dort auch Bilder): Kugelkontaktmessdorn oder -ring (Bild 4): Kugel ist gleichzeitig Tastelement und Prallplatte; Hebelkontaktmessdorn oder -ring (Bild 5): Tastelement ist an Blattfeder oder Hebel beweglich; Kontaktmessstaster (Bild 6): Anwendung auf Messstischen, Messbügeln usw. wie ein Feinzeiger

Druckbereiche

Druckluftquelle muss genügend Luft fördern können. Filter sind notwendig, weil Staub, Öl und Wasser in der Druckluft nicht nur die Düsen beschädigt, sondern auch die Kennlinien beeinflusst. Druckregler: Normal ist Hochdruck > 0,5 bar (z.B. Elpneu 3,5..10 bar); Niederdruck < 0,1 bar ist sehr empfindlich und stellt hohe Anforderungen an den Messaufbau, senkt aber die Messkräfte unter 0,2N. Zwischen 0,1 und 0,5 bar neigt Druckluft zu Turbulenzen und ist nicht beherrschbar.

Messeinheit siehe Messverfahren
Messleitungen können lang sein, wenn der Querschnitt ausreicht. Allerdings sind Teile verschiedener Hersteller kaum kombinierbar, weil alle Teile aufeinander abgestimmt sein müssen.

Leitungen: besonders für unzugängliche Stellen

Messverfahren

Vers. Simulation des Durchflussmessverfahrens durch Spannungsteiler (=>AB)

Druckmessverfahren

(DIN 2271 T1 Bild 3) Eine Vordüse setzt die Durchflussänderung in Druckänderung um. Es wird für Differenzmessung (Reichard9 S28) oder ohne Brücke für Einzel- und Summenmessung (Manometer: Bezug ist Atmosphärendruck) angewendet. Der lineare Bereich der Kennlinie schränkt den theoretischen Meß ein. Da die Spaltweite nicht gegen 0 gehen darf, sind Messdüsen im Halter meist etwas zurückgesetzt, wobei diese Maßnahme mit Unempfindlichkeit begründet wird. Die Anzeige erfolgt in Langskalen (Flüssigkeitsmanometer) oder Rundskalen (DIN2271 T2 B9,10; Messuhren mit Druck-Weg-Umsetzer ermöglichen elektrische Kontakte). Zur Anpassung von Meßbereich und E muss man Messdüse, Vordüse und Skale austauschen (DIN2271 T3). Die Übersetzung (z.B. Elpneu 250..20000fach) ist höher wegen der Brückenschaltung (vgl. Elektronik). Der Druck kann auch elektrisch (z.B. DMS, Piezo) gemessen werden und ermöglicht Regelung und Steuerung. Wegen der leichten Ablesbarkeit wird häufig in Langskalen (LED-Ketten) angezeigt (z.B. Differenzdruckmesser Elpneu1861 und 1862).

Durchflussmessverfahren

(DIN 2271 T1 Bild 2,7,8) Schwebekörper schwebt in einem Rohr mit nichtlinear steigendem InnenØ. Es wird in Reihenschaltung (DIN2271 T1 Bild 5) für Summen- und Einzelmessung angewendet. Die Anzeige in Langskalen (Reichard9 S28) ist nach Baukastenprinzip kombinierbar (Mehrsäulengeräte) und ermöglicht leichtes Ablesen vieler Messstellen. Zur Anpassung von Meßbereich Meß und Empfindlichkeit E muss Messdüse, -rohr und Skale ausgewechselt werden. Die Übersetzung ist etwa halb so groß wie Zeiger-Messgeräte (z.B. Elpneu 125..10000fach, Messunsicherheit > 0,2µm)

Geschwindigkeitsmessverfahren

FO DIN 2271 T1 Bild 3
Die Geschwindigkeitsänderung wird durch eine Venturi-Düse in Druckänderung umgewandelt und gemessen (1. Hauptsatz).

Messanordnung

Summenmessung

wird einfach durch Parallelschaltung von Messdüsen (DIN2271 T1 Bild 8) realisiert. Dies ermöglicht das Messen von InnenØ ohne Zentrieren in sehr tiefen Bohrungen. Allein oder in Verbindung mit der Differenzmessung sind viele Messpunkte möglich, sodass

kleine robuste Düsen, einfache Schaltung: besonders für Form- und Lagemessung geeignet

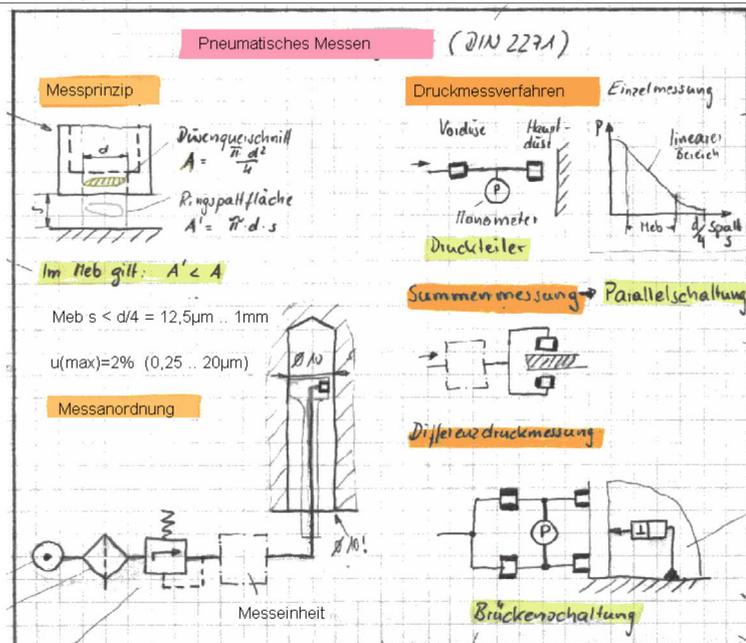
Paradebeispiel ist die Tiefbohrung

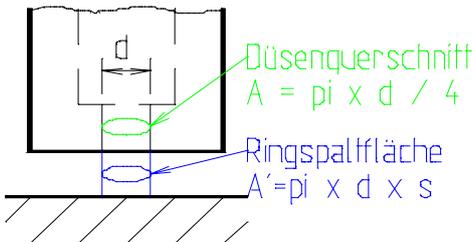
Millipneu bietet Düsenmessdorne ab Ø3, Meß = 100µm, u=2µm für 20mm Tiefe an. Die Tiefe ist prinzipiell kaum begrenzt (Sonderausführungen). Weil Differenzdruckmessung hier nicht gezeigt, aber leicht durch eine elektrische Brückenschaltung simuliert werden kann, diese wiederum in der Messtechnik sehr wichtig ist und obendrein Ähnlichkeiten zwischen Pneumatik und Elektrik aufgezeigt werden können, sollte dieser Zusammenhang durch einen Versuch demonstriert werden.

Vers. Simulation des Durchflussmessverfahrens durch Spannungsteiler (=>AB)

Differenz(druck-)messung

wird in einer Brückenschaltung realisiert und ermöglicht so genauere Messungen (Vgl. Wheatstone-Brückenschaltung, z.B. in induktiven Messtastern).





Im Messbereich gilt: $A' < A$

Anwendungen und Beispiele

Erläuterung zu DIN 2271 T4: "...Beispiele ... (sind) nur Denkanstöße ..., denen eine detaillierte Beratung mit den Geräteherstellern folgen muss"

Durchmesser

Kegel (Kegeldüsenmessdorn)

Paarung

Höhen

Rechtwinkligkeit

Geradheit

Parallelität

Fluchtung

Achsenabstand

Dicke

Vertiefung

AB Messbeispiele mit Pneumatik

Messdüsen, -leitungen, -geräte anordnen lassen für

Merkmale pneumatischen Messens

- Toleranz muss dem Messbereich angepasst sein
- Messfläche mindestens so groß wie der Düsenaustritt
- ab $Rz > 5\mu\text{m}$ (Millipneu $Rz > 3\mu\text{m}$) ist Vorkorrektur durch Vergleich mit Kontaktmesswertaufnehmer nötig
- Form-, Lage-, Längen-, Einzel-, Summen-, Differenz- und Paarungsmessungen sind auf engem Raum möglich
- unempfindlich gegen magnetische, elektromagnetische und radioaktive Felder; explosionsicher
- Einstellzeit ist relativ lange (Wirtschaftlichkeit)
- schwierige Messwert-Weiterverarbeitung
- Austrittsfläche und Bohrungen der Messdüse dürfen nicht beschädigt werden
- Luftschläuche gehören zur Messkette und dürfen nicht zu lang sein (<3m wenn möglich)
- geringe Größe der Messgrößenaufnehmer, sie können nah beieinander angeordnet werden.
- unempfindlich, deshalb Messung in Produktionsräumen möglich
- meist berührungsloses Messen, deshalb während der Fertigung möglich
- starke Vergrößerung möglich
- mit elektrischen Anpassern ist Regelung möglich
- unübertroffen für Bohrungs- und Formmessungen (Bohrungen ab $\varnothing 1\text{mm}$, sehr tief möglich)

Reichard9 S29 Bild 2 (siehe auch DIN 2271 T4); auch mit berührenden Messwertaufnehmern möglich; Anzeige der gezeichneten Säulen erscheint zufällig

- 2 oder mehr Messdüsen auf _ (Vgl. Prisma)
- Summenmessung: Versatz von Messgerät und Werkstück im linearen Bereich beeinflusst Messung nicht
- mehrere Messungen in verschiedenen Stellungen erforderlich: Drehen des Messdornes
- Kanäle im Messdorn zum Ableiten der Luft notwendig
- Tiefe der Bohrung spielt keine Rolle
- nach DIN ab _1mm; Elpneu ab _3mm
- Kalibrierung mit Einstellringen für pneumatische Messgeräte (DIN 2250)
- 2 oder mehr Messdüsen auf _ 2 oder mehr Ebenen
- Drehen des Messdornes für mehrere Messungen
- Differenzmessung: mehrere Anzeigen müssen gleich sein. Differenzanzeige mit Rundskale geeigneter.
- Vorteil der pneumatischen. Messung: viele Messungen auf engstem Raum möglich (vgl. Taylorsches Prinzip)
- Summenmessung: große Nabe (viel Luft), große Achse (wenig Luft); Paarung stimmt, Anzeige ist gut (vgl. Feinzeiger)

- Summenmessung, Dorn drehen
- kombinierbar mit anderen Messungen, z.B. Kegel oder _
- Anordnung: Messdüsen haben bei Abweichung des Prüflings gleichzeitig engen (offenen) Spalt
- Drehen des Messdornes um 90° erforderlich
- mehrere Anzeigen auf einer Seite erkennt auch Biegungen höheren Grades. Anzeigen müssen gleich sein
- doppelte Anordnung erspart Drehen des Messdornes; dies Prinzip ist auch bei Geradheit u.a. möglich
- wenn beide abweichen, Prinzip wie Paarungsmessung
- Fluchtung, wenn alle Spaltweite gleich sind
- Definierte Lage erforderlich: Kontakte oben
- Drehen erforderlich

Summe der Spaltweite muss gleich sein

Summenmessung

Kenngößen pneumatischer Messgeräte

(DIN 2271 T3 von November 1976)

anhand AB Prospekt Millipneu von Feinprüf/Perthen/Mahr v1.6.90 S6,7,18 und Angebot

Folgende Kenngößen sollte ein Hersteller in den technischen Unterlagen angeben:

- Geltungsbereich (Hochdruck - Niederdruck)
- Versorgungsdruck: vor dem Druckregler
- Speisedruck: nach dem Druckregler
- Messkammerdruck: beim Druckmessverfahren ist es der Druck zwischen Vordüse und Messdüse
- Einstellzeit: Zeit vom freien Ausblasen bis Einpendeln der Anzeige auf 1% MeB; Wichtig für Taktzeit in Serie
- Übersetzung (Empfindlichkeit): Bei Änderung der Ü. müssen die bestimmenden Elemente ausgetauscht werden
- Messkraft: bei Berührungslosen vernachlässigbar, sonst $< 0,2\text{N}$; falls zu hoch: Niederdruckanlagen
- Abweichung
 - ohne Möglichkeit zum Abgleich: 1,5 Skt. zulässig
 - mit Möglichkeit zum Abgleich: 1 Skt. zulässig
- Wiederholbarkeit und Messwertumkehrspanne: 0,5 Skt.



Literaturverzeichnis

- [Dutschke 1996] Wolfgang Dutschke: Fertigungsmesstechnik, B.G.Teubner Stuttgart 1996
[EuroM] Ulrich Fischer ua.: Fachkunde Metall, Europa-Lehrmittel Haan-Gruiten
[EuroTabM46] Roland Gommeringer ua.: Tabellenbuch Metall 46.Auflage, Europa-Lehrmittel Haan-Gruiten 2014
EuroWzm: Roland Kilgus ua., Der Werkzeugbau, Europa-Lehrmittel Nourney,1997,
[Hering 1993] Johannes Braun ua.: Qualitätssicherung für Ingenieure, VDI-Verlag Düsseldorf 1993
[Pfeifer 1996] Tilo Pfeifer: Praxishandbuch Qualitätsmanagement, Hanser München 1996
[Reichard 1993] Alfred Reichard: Fertigungstechnik 1, Handwerk und Technik Hamburg 1993
[Voigt 1997] Hans-Dietrich Voigt: Qualitätssicherung - Qualitätsmanagement, Handwerk und technik Hamburg 1997

Quellen: [weka]: Qualitätsmanagement, Methoden und Werkzeuge zur Planung und Sicherung der Qualität; Augsburg 1993 (2 Bände); Geiger: Qualität in QZ10/96 S.1142ff [qz01] Geiger Spektrum 01/97: zahlenmäßiger Vergleich zwischen traditionellen und TQM-geführten Unternehmen [einarbeiten](#), [\[Voigt 1997\]](#), [\[Hering 1993\]](#); [\[EuroM\]"Qualitätssicherung"](#)