

PRE SE 1389

# Mitutoyo

# METROLOGISK SNABBGUIDE

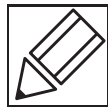
för precisionsmätton

SVENSK VERSION





|                                 |    |   |
|---------------------------------|----|---|
| Kvalitetskontroll               | 2  | ↘ |
| Mikrometrar                     | 4  | ↘ |
| Mikrometerhuvuden               | 11 | ↘ |
| Invändiga mikrometrar           | 14 | ↘ |
| Skjutmått                       | 15 | ↘ |
| Höjdritsmått                    | 18 | ↘ |
| Passbitar                       | 20 | ↘ |
| Mätur                           | 21 | ↘ |
| Givare                          | 24 | ↘ |
| Laser Scan Mikrometrar          | 26 | ↘ |
| Linear Scales                   | 28 | ↘ |
| Profilprojektorer               | 31 | ↘ |
| Mikroskop                       | 32 | ↘ |
| Visionmätsystem                 | 34 | ↘ |
| Surftest (Ytjämnhetsmätare)     | 36 | ↘ |
| Contracer (Konturmätinstrument) | 38 | ↘ |
| Roundtest (Formmätinstrument)   | 40 | ↘ |
| Hårdhetsprovare                 | 42 | ↘ |
| Koordinatmätmaskiner            | 44 | ↘ |



### Kvalitetskontroll (QC)

Ett system för att ekonomiskt producera varor eller tjänster till en kvalitet som uppfyller kundernas krav.

### Processtyrning

Aktiviteter för att underhålla en process prestanda och kapabilitetsnivå. Processtyrning innebär en rad aktiviteter såsom provtagning av en process produkt, kartlägga och standardisera dess prestanda, bestämma orsakerna till eventuella problem och vidta korrigering åtgärder.

### Statistisk processtyrning (SPS)

Processtyrning genom statistiska metoder.

### Population

En grupp av alla individer som har egenskaper som är av intresse för att förbättra och styra en process och produktens kvalitet. En population kan bestå av alla muttrar i ett tillverkat parti. En population kan sägas vara en målgrupp av intresse.

### Parti

Ett parti produkter tillverkade under samma villkor.

### Stickprov

Ett objekt från en produkt (eller delmängd) tagen ur en population för att undersöka dess egenskaper.

### Provstorlek

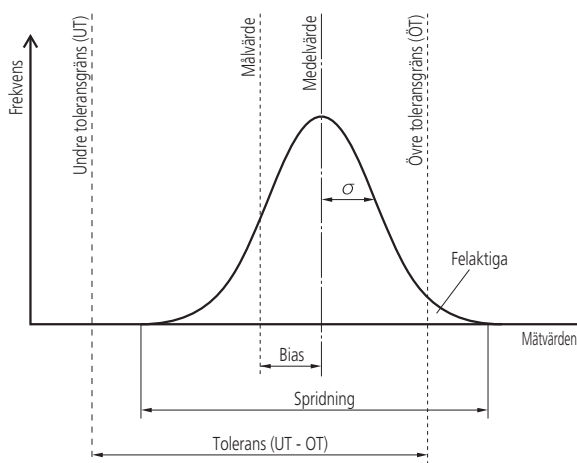
Antal objekt i varje provgrupp.

### Bias

Värde som beräknas genom att subtrahera det verkliga värdet från medelvärdet av uppmätta värden när flera mätningar utförts.

### Spridning

Variationen i målvärdena i förhållande till medelvärdet. Standardavvikelsen används vanligen för att representera spridningen av värden runt medelvärdet.



### Histogram

Ett diagram som delar in området mellan max- och minvärden i flera segment och visar antalet värden (förekomster) i varje segment i form av ett stapeldiagram. Frekvenshistogrammet är en mycket effektiv och grafiskt lättolkad metod för att sammanfatta de insamlade data och visa variationen av processen. Histogrammet kan inte berätta för operatören vad processen kommer att göra härnäst, men det kan berätta vad den har gjort tidigare, och att lära känna processen är det första steget till att få kontroll över den.

En klockformad symmetrisk fördelning kallas normalfördelning och används mycket i teoretiska exempel tack vare dess lätt beräkningsbara egenskaper. Dock bör försiktighet iaktas eftersom många verkliga processer inte överensstämmer med normalfördelningen.

### Processduglighet

Processduglighet påvisar när en process är tillräckligt standardiserad, eventuella orsaker till fel är eliminerade, och processen är under statistisk kontroll och påvisar en normalfördelning. Processduglighet är en kvot där man dividerar "toleransvidden" med  $6\sigma$  (sigma). När processen sprider mindre än toleransvidden blir kvoten större än 1, och då är processen duglig, men här tas ingen hänsyn till var i toleransområdet utfallet ligger.

### Kapabilitetsindex (PCI eller Cp)

Ett mått på förmågan hos en maskin att producera inom toleransgränserna för målvärdet. Det ska alltid vara betydligt större än ett. Index beräknas genom att dividera toleransen hos ett målvärde med processdugligheten ( $6\sigma$ ). Det värde som beräknas genom att dividera skillnaden mellan medelvärdet ( $\bar{X}$ ) och standardavvikelsen med  $3\sigma$  kan användas för att representera detta index vid en ensidig tolerans. Kapabilitetsindex förutsätter att en egenskap följer normalfördelningen.

**Notera:** Om en egenskap följer normalfördelningen är 99,74% av data inom intervallet  $\pm 3\sigma$  från medelvärdet.

Tvåsidig tolerans

$$C_p = \frac{\bar{OT} - UT}{6\sigma}$$

ÖT: Övre toleransgräns  
UT: Undre toleransgräns

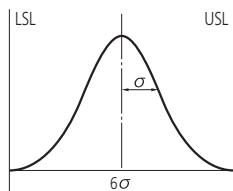
Ensidig tolerans ... om endast den övre gränsen är given

$$C_p = \frac{\bar{OT} - \bar{X}}{3\sigma}$$

Ensidig tolerans ... om endast den undre gränsen är given

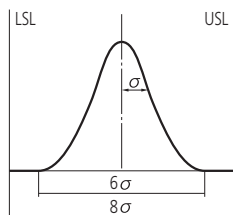
$$C_p = \frac{\bar{X} - UT}{3\sigma}$$

## Olika exempel på ett kapabilitetsindex (Cp) (ensidig tolerans)



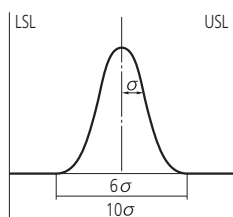
Processens förmåga är knappt uppnådd eftersom 6 sigma processgränserna sammanfaller med toleransgränserna.

Cp = 1,33



Processens förmåga är det minsta värde som kan vara allmänt accepterad eftersom det inte är närmare än 1 sigma till toleransgränserna.

Cp = 1,67



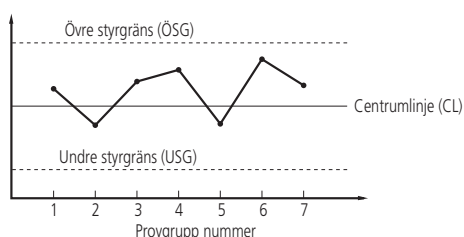
Processens förmåga är tillräcklig, eftersom den inte är närmare än 2 sigma till toleransgränserna.

Observera att Cp-värdet endast visar förhållandet mellan toleransvidden och processens spridning och inte tar hänsyn till spridningens läge i förhållande till övre resp. undre toleransgränser.

**Notera:** Ett kapabilitetsindex som tar hänsyn till skillnaden mellan processens medelvärde och målprocessens medelvärde kallas Cpk, som är den övre toleransen (ÖT minus medelvärdet) dividerat med  $3\sigma$  (hälften av processdugligheten) eller den undre toleransen (medelvärdet minus UT) dividerat med  $3\sigma$ , vilket som är det lägsta.

## Styrdiagram

Används för att styra processen genom att separera processens variationer i de som beror på slumpmässiga orsaker och de som beror på en felfunktion. Styrdiagrammet består av en centrumlinje (CL) och styrgränslinjer placerade över och under den (ÖSG och USG). Man kan säga att processen är under statistisk kontroll om alla punkter är inom de övre och undre styrgränslinjerna. utan noterbara trender, när processens målvärden plottas. Styrdiagrammet är ett användbart verktyg för att kontrollera processens resultat, och därmed kvalitet.



## Sluppmässiga orsaker

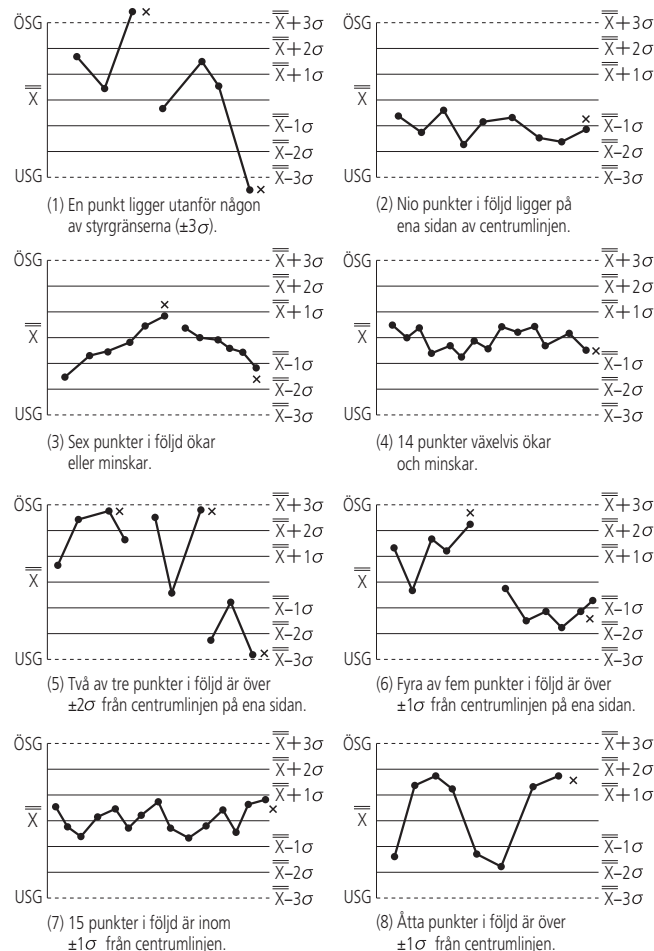
Dessa orsaker till variation är mindre viktiga. Sluppmässiga orsaker är tekniskt eller ekonomiskt omöjliga att eliminera även om de kan identifieras.

## $\bar{X}$ -R styrdiagram

Ett styrdiagram som används för processtyrning och som ger mest information om processen.  $\bar{X}$ -R styrdiagram består av  $\bar{X}$  styrdiagram som använder medelvärdet för varje provgrupp för att övervaka onormal bias i processmedelvärdet och R styrdiagram som använder området för att övervaka onormala variationer. Vanligtvis används båda diagrammen tillsammans.

## Hur man avläser styrdiagrammet

Typiska trender av oönskade successiva punktpositioner i styrdiagram visas nedan. Dessa trender tolkas som att en "särskild orsak" påverkar processens utfall och att operatören måste åtgärda situationen. Informationen ger bara en riktlinje. Ta processspecifika variationer i beaktan vid bestämning av regler. Förutsatt att de övre och undre styrgränserna är  $3\sigma$  från centrumlinjen, dela in styrdiagrammet i sex segment i intervall om  $1\sigma$  för att tillämpa följande regler. Dessa regler är tillämpliga på både X styrdiagram och  $\bar{X}$  styrdiagram. Observera att dessa "trendregler för åtgärder" formulerades under antagande av en normalfördelning. Reglerna kan formuleras för att passa en annan fördelning.





## ■ Terminologi

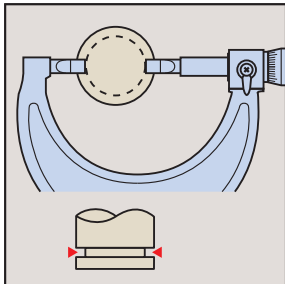
Diagram illustrating the components of a vernier caliper (Mätare för djup och avstånd):

- Bygel
- Anslag
- Mätytor
- Mätspindel
- Hylsa
- Ställmutter
- Trumma
- Skala på trumma
- Skala på hylsa
- Referenslinje
- Spindellåsning
- Snabbmatning
- Värmeisolerande skydd
- Mitutoyo
- 0 - 25 mm
- 0.01 mm



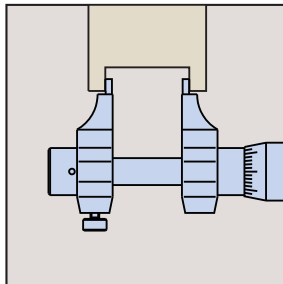
## ■ Mikrometrar i specialutförande

Mikrometer med smala mätytor



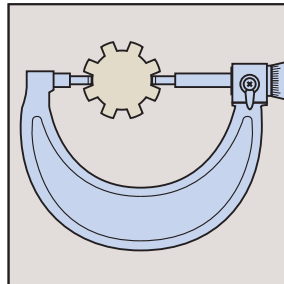
För mätning av diameter i smala spår

Mikrometer med mätskänklar



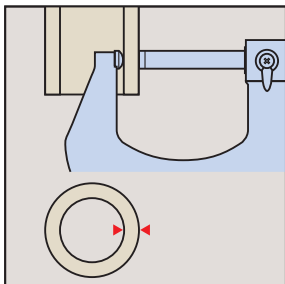
För små invändiga diametrar samt mätning av spårvidd

Splinesmikrometer



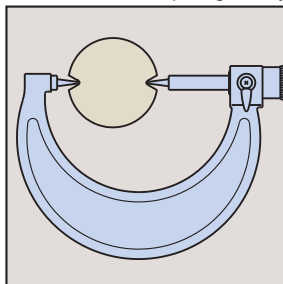
För mätning av diameter på axlar med splines

Rörmikrometer



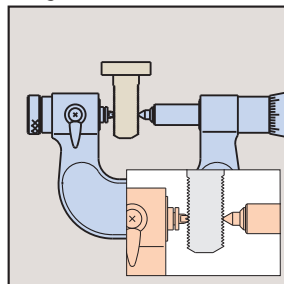
För mätning av godstjocklek på rör

Mikrometer med spetsiga mätytor



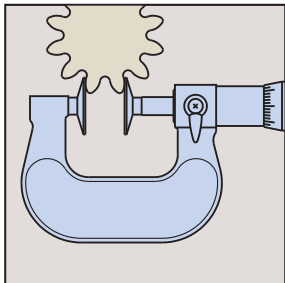
För mätning av spår och ansatser

Gängmikrometer



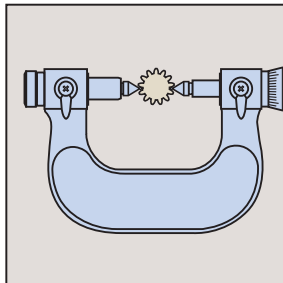
För mätning av effektiv gängdiameter

Utvändig tallriksmikrometer



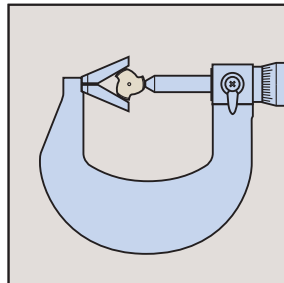
För kugghviddsmätning på raka eller snedskurna kuggar.

Mikrometer med kulinsatser



För mätning av kuggmoduler

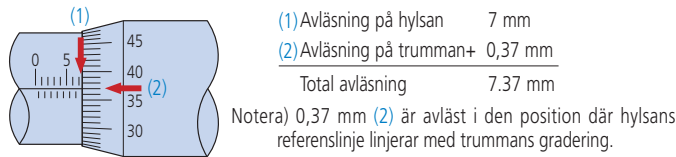
Mikrometer med V-format anslag



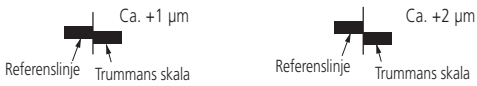
För mätning av 3- och 5-skäriga verktyg

Hur man läser av skalan

Mikrometer med standardskala (gradering: 0,01 mm)

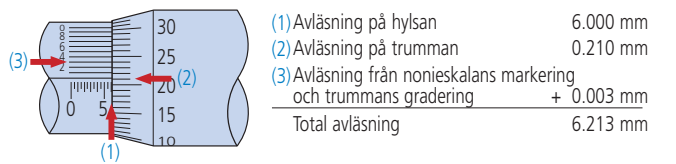


Trummans skala kan läsas av direkt till 0,01 mm, som i exemplet ovan, men kan också uppskattas till 0,001 mm när linjerna nästan sammanfaller beroende på att delstreckens tjocklek är 1/5 av avståndet mellan dem.



Mikrometer med nonieskala (gradering: 0,001 mm)

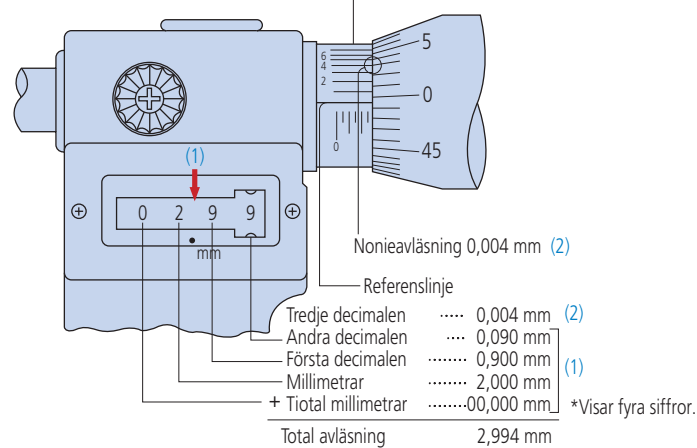
Nonieskalan ovanför hylsans referenslinje möjliggör direkt avläsning inom 0,001 mm.



Notera) 0,21 mm (2) är avläst i den position där referenslinjen är mellan två graderingar (21 och 22 i det här fallet). 0,003 mm (3) är avläst i den position där en av noniens graderingar linjerar med en av trummans graderingar.

Mikrometer med mekanisk digitaldisplay (digital upplösning: 0,001 mm)

Tredje decimalens placering på nonieskalan ( 0,001 mm steg)

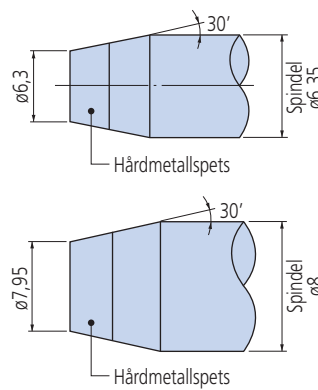


Notera) 0,004 mm (2) är avläst i den position där en av noniens graderingar linjerar med en av trummans graderingar.

Mättrycksbegränsande utrustning

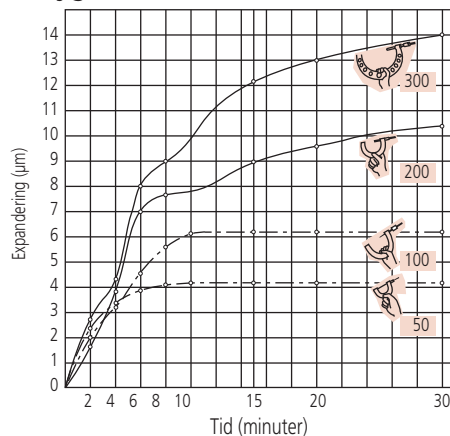
|                                | Hörbart vid användning | Enhandsfattning | Anmärkningar                                     |
|--------------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------------------------|
| Friktionsknopp                 | Ja                     | Olämplig        | Hörbart klickande som alstrar mikrostötar        |
| Steglös frikt. trumman (F-typ) | Nej                    | Lämplig         | Steglös hantering utan stötar eller ljud         |
| Frisknapp (T-typ)              | Ja                     | Lämplig         | Hörbar hantering som bekräftar konstant mättryck |
| Frisknapp (T-typ)              | Ja                     | Lämplig         | Hörbar hantering som bekräftar konstant mättryck |

Detaljerat om mätytor



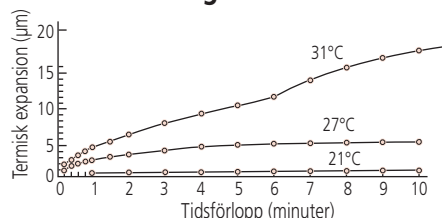
Ovanstående skisser är endast för illustration, de är ej skalensliga

## ■ Mikrometers expanderings orsakad av att man hållit i bygeln med bar hand



Grafen ovan visar hur mikrometers bygel expanderar på grund av värmeöverföring från hand till bygel när den hållits i med bar hand vilket, som grafen visar, kan resultera i ett betydande mätfel på grund av temperatursakad expansion. Om mikrometern måste hållas i under mätningen, försök minimera kontakttiden. Om mikrometern har en värmeisolator minskas denna effekt betydligt, alternativt använd handskar. (Notera att diagrammet ovan visar typiska effekter och är inga garantier).

## ■ Inställningsmåttets expanderings vid temperaturförändring (för 200 mm mått initialt vid 20°C)

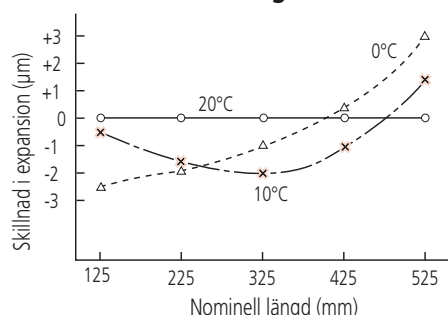


Ovanstående teoretiska diagram visar hur ett inställningsmått expanderar med tiden som användare, vars handtemperaturer skiljer sig (som visas), håller i änden av det vid en rumstemperatur på +20°C. Detta diagram visar att det är viktigt att inte ställa in en mikrometer när man direkt håller i inställningsmättet utan i stället endast göra justeringar med påtagna handskar eller genom att med ett löst grepp hålla inställningsmättet i dess värmeisolatorer.

När du utför en mätning, notera också att det tar tid innan det expanderade inställningsmättet återgår till den ursprungliga längden.

(Observera att värdena i grafen inte är garanterade, utan teoretiska värden).

## ■ Skillnad i termisk expansion mellan mikrometer och inställningsmått



I ovanstående experiment, efter det att mikrometern och dess inställningsmått förvarats vid en rumstemperatur på 20°C i ca 24 timmar för temperaturstabilisering, justerades nollpunkten in med inställningsmättet. Därefter förvarades mikrometern och dess inställningsmått vid temperaturerna 0°C och 10°C under ungefär samma tid, och nollpunkten kontrollerades igen. Grafen ovan visar resultaten för varje mått från 125 upp till 525 mm vid de tre olika temperaturerna. Grafen visar att både mikrometer och dess inställningsmått måste förvaras på samma plats i åtminstone flera timmar innan justering av nollpunkten. (Observera att värdena i grafen inte är garanterade, utan teoretiska värden).

## ■ Effekten av olika metoder för stöd och riktning

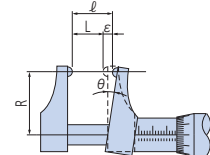
(Enhet: µm)

Om metoden för stöd och/eller riktning av en mikrometer efter nollställning ändras, påverkas efterföljande mätresultat. Tabellerna nedan lyfter fram de mätfel som kan förväntas vid tre andra metoder efter det att mikrometrarna är nollställda enligt metoden "stöds i botten och mitten". Dessa faktiska resultat visar att det är bäst att nollställa och mäta med samma metod för riktning och stöd.

| Stödmetod             | Stöd i botten och mitten | Stöd endast i mitten |
|-----------------------|--------------------------|----------------------|
| Effekt                |                          |                      |
| Maximal mätlängd (mm) |                          |                      |
| 325                   | 0                        | -5.5                 |
| 425                   | 0                        | -2.5                 |
| 525                   | 0                        | -5.5                 |
| 625                   | 0                        | -11.0                |
| 725                   | 0                        | -9.5                 |
| 825                   | 0                        | -18.0                |
| 925                   | 0                        | -22.5                |
| 1025                  | 0                        | -26.0                |

| Stödmetod             | Stöd i mitten i sidoläge | Fastklämd riktad nedåt |
|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| Effekt                |                          |                        |
| Maximal mätlängd (mm) |                          |                        |
| 325                   | +1.5                     | -4.5                   |
| 425                   | +2.0                     | -10.5                  |
| 525                   | -4.5                     | -10.0                  |
| 625                   | 0                        | -5.5                   |
| 725                   | -9.5                     | -19.0                  |
| 825                   | -5.0                     | -35.0                  |
| 925                   | -14.0                    | -27.0                  |
| 1025                  | -5.0                     | -40.0                  |

## ■ Abbes princip



Abbes princip säger att "maximal noggrannhet erhålles när axlarna för skalan och mätning är gemensamma".

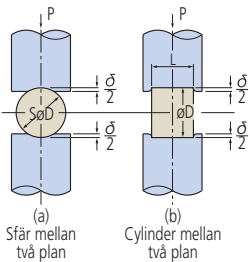
Detta beror på att varje variation i den relativa vinkeln ( $\theta$ ) hos den rörliga mätskänkeln på ett mätton, till exempel en mikrometer med mätskänklar, orsakar förskjutning som inte mäts på mättonets skala och detta är ett Abbe fel ( $\epsilon = \ell - L$  i skissen). Rakhetsfel i spindeln, spel i spindelns styrningar eller variationer i mättrycket kan alla orsaka att ( $\theta$ ) varierar och felet ökar med R.

## ■ Hookes lag

Hookes lag säger att töjningen i ett elastiskt material är proportionell mot den spänning som orsakar töjningen, förutsatt att töjningen förblir inom den elastiska gränsen för materialet.

## Hertz formler

Hertz formler ger den synbara minskningen av diametern hos sfärer och cylindrar på grund av elastisk kompression vid mätning mellan plana ytor. Dessa formler är användbara för att bestämma deformationen av ett arbetsstycke orsakad av mättrycket vid punkt- och linjekontakt.



Förutsatt att materialet är stål och enheterna är följande:  
Elasticitetsmodul:  $E = 205 \text{ GPa}$   
Omfattningen av deformation:  $\delta$  ( $\mu\text{m}$ )  
Sfärens eller cylinderns diameter:  $D$  (mm)  
Cylinderns längd:  $L$  (mm)  
Mättryck:  $P$  (N)  
a) Synbar minskning av sfärens diameter  
 $\delta_1 = 0.82 \sqrt[3]{P/D}$   
b) Synbar minskning av cylinderns diameter  
 $\delta_2 = 0.094 \cdot P/L \cdot \sqrt[3]{1/D}$

## Mätning av gängdiameter

### Tretrådsmetoden

Gängstigningsdiametern kan mätas med hjälp av tretrådsmetoden som visas i skissen.

Beräkna diametern ( $E$ ) med ekvationerna (1) och (2).

Metrisk gänga eller unified skruv ( $60^\circ$ )

$$E = M - 3d + 0,866025P \quad \dots\dots(1)$$

Whitworthgänga ( $55^\circ$ )

$$E = M - 3,16568d + 0,960491P \quad \dots\dots(2)$$

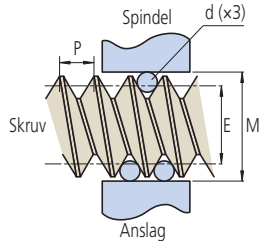
$d$  = Tråddiameter

$E$  = Medeldiameter

$M$  = Mikrometervisning inklusive tre trådar

$P$  = Gängstigning

(Omräkna tum till millimeter för unified skruvgängor.)



| Gängtyp                                          | Optimal tråddiameter vid D |
|--------------------------------------------------|----------------------------|
| Metrisk gänga eller unified skruv ( $60^\circ$ ) | $0.577P$                   |
| Whitworthgänga ( $55^\circ$ )                    | $0.564P$                   |

## Betydande mätfel vid tretrådsmetoden

| Orsak till mätfel                | Åtgärder för att förebygga fel                                                                                                               | Möjliga fel                                                                   | Fel som inte går att förebygga                               |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Stigningsfel (arbetsstycke)      | 1. Åtgärda stigningsfelet ( $\delta p = \delta E$ )<br>2. Mät på flera punkter och beräkna medelvärdet.<br>3. Reducera fel i enstaka gängor. | $\pm 18 \mu\text{m}$ under förutsättning att gängfelet är $0,02 \text{ mm}$ . | $\pm 3 \mu\text{m}$                                          |
| Halva vinkelfelet (arbetsstycke) | 1. Använd den optimala tråddiametern.<br>2. Ingen korrigering krävs.                                                                         | $\pm 0,3 \mu\text{m}$                                                         | $\pm 0,3 \mu\text{m}$                                        |
| Olika mätanslag                  | 1. Använd den optimala tråddiametern.<br>2. Använd den tråd som har en diameter närmast medelvärdet på enkeltrådsidan.                       | $\pm 8 \mu\text{m}$                                                           | $\pm 1 \mu\text{m}$                                          |
| Fel tråddiameter                 | 1. Använd det förbestämda mättrycket för gängan.<br>2. Använd den förbestämda bredden på mätanslaget.<br>3. Använd ett konstant mättryck.    | $-3 \mu\text{m}$                                                              | $-1 \mu\text{m}$                                             |
| Sammanräknat fel                 |                                                                                                                                              | I värsta fall<br>$+20 \mu\text{m}$<br>$-35 \mu\text{m}$                       | Vid noggrann mätning<br>$+3 \mu\text{m}$<br>$-5 \mu\text{m}$ |

### Enkeltrådsmetoden

Stigningsdiametern på tre- eller femskäriga gängtappar kan mätas med hjälp av en mikrometer med V-format anslag och enkeltrådsmetoden. Erhåll mätvärdet ( $M_1$ ) och beräkna  $M$  med ekvationerna (3) eller (4).

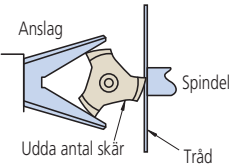
$M_1$  = Mikrometervisning vid mätning med enkeltrådsmetoden

$D$  = Gängtappsdiameter

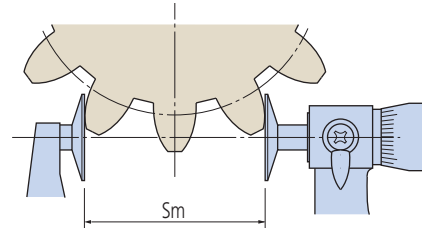
Treskärig gängtapp :  $M = 3M_1 - 2D \quad \dots\dots\dots(3)$

Femskärig gängtapp :  $M = 2,2360M_1 - 1,23606D \quad \dots\dots\dots(4)$

Därefter, använd det framräknade värdet  $M$  i ekvationen (1) eller (2) för att beräkna gängdiametern ( $E$ ).



## Kugghviddsmätning



Formel för beräkning av kugghvidd ( $Sm$ ):

$$Sm = m \cos \alpha_0 \{ \pi (Zm - 0,5) + Z \operatorname{inv} \alpha_0 \} + 2Xm \sin \alpha_0$$

Formel för beräkning av antalet kugghjul inom kugghviddsavståndet ( $Zm$ ):

$$Zm' = Z \cdot K(f) + 0,5 \quad (Zm \text{ är det närmaste heltalet till } Zm')$$

$$\text{där, } K(f) = \frac{1}{\pi} \sec \alpha_0 \sqrt{(1 + 2f)^2 - \cos^2 \alpha_0} - \operatorname{inv} \alpha_0 - 2f \tan \alpha_0$$

$$\text{och, } f = \frac{X}{Z}$$

$m$ : Modul

$\alpha_0$ : Ingreppsvinkel

$Z$ : Antal kugg

$X$ : Profilförskjutningskoefficient

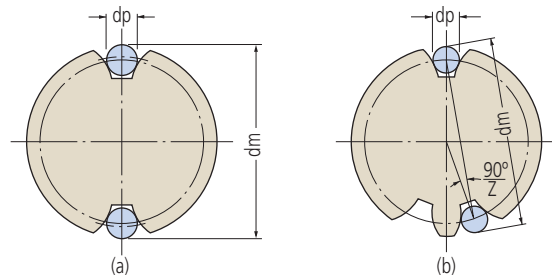
$Sm$ : Kugghvidd

$Zm$ : Antalet kugghjul inom kugghviddsavståndet

$$\begin{aligned} \operatorname{inv} 20^\circ &\approx 0,014904 \\ \operatorname{inv} 14,5^\circ &\approx 0,0055448 \end{aligned}$$

## Kugghjulsmätning

Metoden med kulinsatser



För kugghjul med jämnt antal tänder:

$$dm = dp + \frac{dg}{\cos \theta} = dp + \frac{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \theta}$$

För kugghjul med ojämnt antal tänder:

$$dm = dp + \frac{dg}{\cos \theta} \cdot \cos \left( \frac{90^\circ}{Z} \right) = dp + \frac{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \theta} \cdot \cos \left( \frac{90^\circ}{Z} \right)$$

där,

$$\operatorname{inv} \theta = \frac{dp}{dg} - \frac{X}{2} = \frac{dp}{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0} - \left( \frac{\pi}{2Z} - \operatorname{inv} \alpha_0 \right) + \frac{2 \tan \alpha_0}{Z} \cdot X$$

Erhåll  $\theta$  ( $\operatorname{inv} \theta$ ) från evolventfunktionstabell

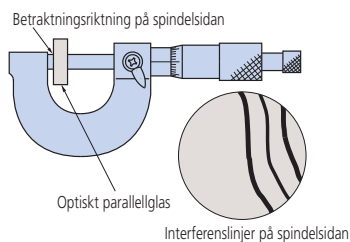
$Z$ : Antal tänder

$\alpha_0$ : Ingreppsvinkel

$m$ : Modul

$X$ : Profilförskjutningskoefficient

## Kontroll av parallelliteten på mikrometers mätutor

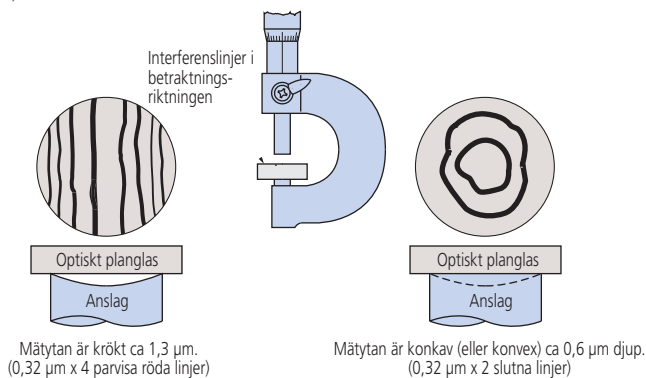


Parallellitet kan uppskattas med hjälp av ett optiskt parallellglas som hålls mellan mätutorna. Börja med att vrida parallellglaset mot anslaget mätuta. Anbringa därefter spindeln mot parallellglaset med normalt mättryck och räkna antalet röda interferenslinjer som syns på spindelns mätuta i vitt ljus. Varje linje representerar en halv våglängds höjdskillnad ( $0,32\text{ }\mu\text{m}$  för röda linjer).

I skissen ovan har en parallellitet på ca  $1\text{ }\mu\text{m}$  räknats fram genom  $0,32\text{ }\mu\text{m} \times 3 = 0,96\text{ }\mu\text{m}$ .

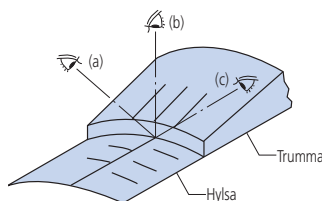
## Kontroll av planheten på mikrometers mätutor

Planhet kan uppskattas med hjälp av ett optiskt planglas (eller parallellglas) som hålls mot en yta. Räkna antalet röda interferenslinjer som syns på mätutan i vitt ljus. Varje linje representerar en halv våglängds höjdskillnad ( $0,32\text{ }\mu\text{m}$  för röda linjer).



## Allmänna råd vid användning av mikrometer

1. Kontrollera noga typen, mätområdet, noggrannheten och andra tekniska data för att välja passande modell för ändamålet.
2. Låt mikrometern och arbetsstycket ligga i rumstemperatur tillräckligt länge för att deras temperaturer ska jämnas ut innan mätningen genomförs.
3. Betrakta referenslinjen rakt uppifrån vid avläsning mot trummans gradering. Om skalans linjer betraktas i vinkel kan inte en korrekt linjering avläsas på grund av parallaxfel som då uppstår.



(a) Ovanifrån referenslinjen



(b) Rakt mot referenslinjen

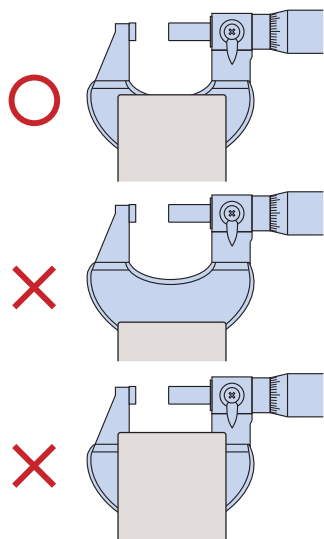


(c) Underifrån referenslinjen

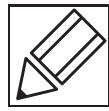
4. Torka av mätutorna på både anslag och spindel med ett luddfritt papper och ställ in nollpunkten före mätningen.



5. Borsta bort damm, spån och annat skräp från spindeln och dess mätyta som ett led i det dagliga underhållet. Torka även noga bort eventuella fläckar och fingeravtryck från alla delar med en torr duk.
6. Använd modeller med konstant mättryck på ett korrekt sätt så att mätningen utföres med det rätta mättrycket.
7. Om mikrometern monteras i ett stativ, spänn fast den i mitten av bygeln. Dra inte åt för hårt.



8. Var försiktig så att du inte tappar eller slår i mikrometern i något. Använd bara normal kraft vid rotering av trumman. Om du misstänker att mikrometern kan ha skadats genom felaktig hantering, kontrollera noggrannheten innan den används igen.
9. Efter en längre tids förvaring, eller om det inte syns någon skyddande oljefilm, ska mikrometern smörjas in lätt med en duk fuktad med rostskyddsolja.
10. Råd vid förvaring:
  - Undvik förvaring i direkt solljus.
  - Förvara mikrometern på en plats med god luftväxling och låg luftfuktighet.
  - Förvara mikrometern på en dammfri plats.
  - Förvara mikrometern i ett etui eller låda, som ej får ligga på golvet.
  - När mikrometern förvaras ska alltid en spalt lämnas på 0,1 till 1 mm mellan mätytorna.
  - Förvara inte mikrometern i åtdraget läge.



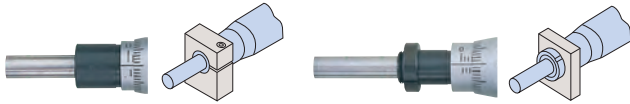
### Viktiga faktorer vid val

Viktiga faktorer vid val av mikrometerhuvuden är mätområdet, spindelns mätyta, skaftet, graderingen, trummans diameter etc.

### Inspänningsskaft

Plant skaft

Med låsmutter



- Skaftet som används för att montera mikrometerhuvudet benämns "Plant skaft" eller "Med låsmutter" som visas ovan. Skaftets diameter bearbetas till en nominell metrisk eller tumstorlek med h6 tolerans.
- Utförande med låsmutter medger snabb och säker uppspänning av mikrometerhuvudet. Det plana skaftet har fördelen att kunna användas i ett bredare område och ger enkel positionering i axiell riktning vid slutgiltig placering, detta kräver dock infästning med slitsad klämma eller limning.
- Fixturer för allmänna ändamål finns som specialtillbehör.

### Mätytor



Plan yta



Sfärisk yta



Ickeroterande mätyta

- Plan mätyta är vanligast när ett mikrometerhuvud används i en mätapplikation.
- När ett mikrometerhuvud används för matning, kan en sfärisk mätyta minimera fel orsakade av felaktig linjering (fig. A). Alternativt kan en plan yta på spindeln möta en sfärisk, t ex en hårdmetallkula (fig. B).
- Ett mikrometerhuvud med ickeroterande spindel eller med ickeroterande mätyta på spindeln (fig. C) är lämplig när arbetsstycket inte får utsättas för en vridande rörelse.
- Om mikrometerhuvudet används som ett stopp ger en plan yta både på spindeln och kontaktytan högsta slitstyrka.

Fig. A

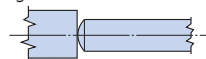


Fig. B

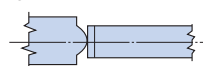
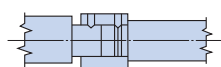
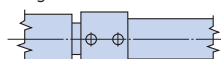


Fig. C



### Ickeroterande spindel

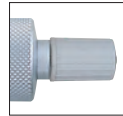
- Ett mikrometerhuvud med ickeroterande spindel utsätter inte arbetsstycket för en vridande rörelse, vilket kan vara en viktig faktor i vissa applikationer.

### Spindelstigning

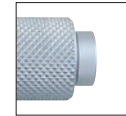
- Standardtypen har 0,5 mm stigning.
- Typ med 1 mm stigning: Snabbare rörelse än standardtypen och eliminerar risken för 0,5 mm avläsningsfel. Tål högre belastning tack vare den grövre spindelgången.
- Typ med 0,25 mm eller 0,1 mm stigning  
Denna typ är bäst lämpad för applikationer med finmatning eller finpositionering.

### Funktion för konstant mättryck

- Ett mikrometerhuvud utrustat med en funktion för konstant mättryck (friktionsspärr eller -trumma) rekommenderas för mätapplikationer.
- Om mikrometerhuvudet används som ett stopp, eller i trånga utrymmen, är en modell utan friktionstrumma det lämpligaste valet.



Mikrometerhuvud med funktion för konstant mättryck



Mikrometerhuvud utan funktion för konstant mättryck (ingen friktionsspärr)

### Spindellåsning

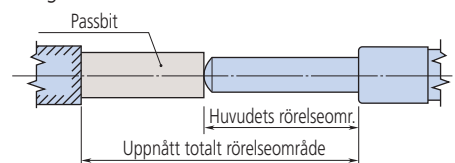
- Om mikrometerhuvudet används som ett stopp är det lämpligt att använda ett huvud med spindellåsning så att inställningen inte ändras även vid upprepade stötar.



### Mätområde (rörelseområde)

- Vid valet av mätområde för mikrometerhuvudet, lägg till en lämplig marginal med avseende på det förväntade rörelseområdet. Standardsortimentet innehåller sex mätområden, från 5 till 50 mm.
- Även om det förväntade rörelseområdet är kort, såsom 2 till 3 mm, är det kostnadseffektivt att välja en modell med 25 mm mätområde, under förutsättning att det finns tillräckligt utrymme för installation.
- Om det krävs ett rörelseområde över 50 mm, kan en kompletterande passbit förlänga det effektiva mätområdet. (fig. D)

Fig. D



- I denna guide är området (eller ändläget) för trumman angivet med en streckad linje. Vid utformande av en fixtur, beakta att trumman rör sig till ändläget som anges med denna linje.

### Applikationer med ultrafin matning

- Mitutoyo erbjuder specialanpassade mikrometerhuvuden för styrande applikationer etc., som kräver ultrafin matning eller justering av spindeln.

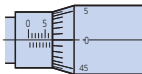
### ■ Trummans diameter

- Diametern på trumman har stor betydelse för användbarheten och "finkänslan" vid positionering. En trumma med liten diameter ger snabb positionering medan en med stor diameter erbjuder finpositionering och enklare avläsning. Vissa modeller kombinerar fördelarna från bägge varianterna genom att ha en snabbmatningsknopp på en trumma med stor diameter.

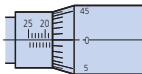


### ■ Olika graderingar

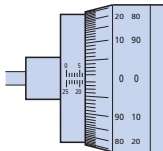
- Stor omsorg måste läggas vid avläsning av ett mekaniskt mikrometerhuvud, speciellt om användaren är ovan vid modellen.
- Standardmodellen har "normal gradering", samma som på en utvärdig mikrometer. På denna typ ökar avläsningen varefter spindeln dras in i trumman.
- Motsatsen är "omvänd gradering" där avläsningen ökar varefter spindeln skjuts ut ur trumman.
- Typen med "dubbelriktad gradering" är avsedd för mätning åt båda hållen genom svart gradering för normal, och röd gradering för omvänd riktning.
- Mitutoyo erbjuder också mikrometerhuvuden med en mekanisk eller elektronisk digitaldisplay, vilka medger direkt avläsning av mätvärdet. Dessa typer eliminerar avläsningsfel. En ytterligare fördel är att typen med elektronisk digitaldisplay möjliggör anslutning till PC för lagring och statistisk bearbetning av mätdata.



Normal  
 gradering



Omvänd  
 gradering

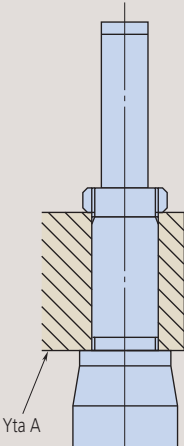
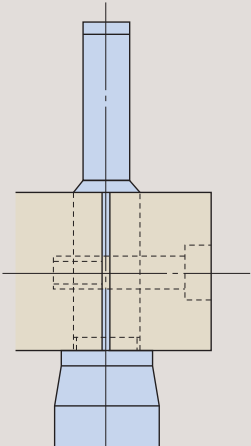
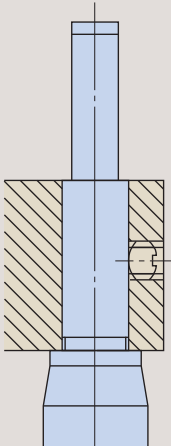


Dubbelriktad  
 gradering

### ■ Guide för egenproducerade fixturer

Vid montering av inbyggnadsmikrometern fixeras den med inspänningskraftet. För bibehållen noggrannhet måste därför lämpligaste monteringsmetod väljas för att inte påverka mekaniken inuti. Även om de tre vanligaste metoderna visas nedan, rekommenderar Mitutoyo att man väljer någon av metoderna 1 eller 2.

(Enhet: mm)

| Monterings-<br>metod  | (1) Låsskruv                                                                                                                                   |     |                    |     | (2) Klämma                                                                           |     |                    |     | (3) Fästskruv                                                                                                                                                                |     |               |     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------|-----|
|                       |                                                             |     |                    |     |  |     |                    |     |                                                                                         |     |               |     |
| Att tänka på          |                                                                                                                                                |     |                    |     |                                                                                      |     |                    |     |                                                                                                                                                                              |     |               |     |
| Skaftdiameter         | ø9,5                                                                                                                                           | ø10 | ø12                | ø18 | ø9,5                                                                                 | ø10 | ø12                | ø18 | ø9,5                                                                                                                                                                         | ø10 | ø12           | ø18 |
| Monteringshål         | G7                                                                                                                                             |     | G7                 |     | G7                                                                                   |     | G7                 |     | H5                                                                                                                                                                           |     | H5            |     |
| Inpassningstolerans   | +0,005 till +0,020                                                                                                                             |     | +0,006 till +0,024 |     | +0,005 till +0,020                                                                   |     | +0,006 till +0,024 |     | 0 till +0,006                                                                                                                                                                |     | 0 till +0,008 |     |
| Försiktighetsåtgärder | Säkerställ att ytan A är vinkelrät mot monteringshålet.<br>Skaftet kan spännas fast utan problem så länge som vinkelrätheten är inom 0,16/6,5. |     |                    |     | Säkerställ att slitsen är fri från grader.                                           |     |                    |     | M3x0,5 eller M4x0,7 är en lämplig storlek på fästskruven.<br>Använd en mässingsbussning under fästskruven (om det finns plats i fixturen) för att undvika skador på skaftet. |     |               |     |

## ■ Maximal belastning på mikrometerhuvuden

Mikrometerhuvudets maximala belastningskapacitet beror huvudsakligen på metoden för fastspänning och om belastningen är statisk eller dynamisk (t ex om det används som stopp). Därför kan den maximala belastningskapaciteten inte exakt definieras. De av Mitutoyo rekommenderade gränsvärdena för belastning gäller när mikrometerhuvudet används som ett mätinstrument inom sitt område för garanterad noggrannhet (upp till 100 000 rotationer). Testresultatet för den statiska belastningstesten som utförs med hjälp av ett litet mikrometerhuvud visas också nedan.

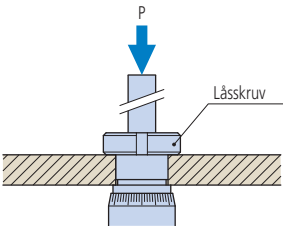
### 1. Maximal belastningskapacitet

|              |                                                       | Maximal belastning                   |
|--------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Standardtyp  | (Spindelstigning: 0,5mm)                              | Upp till ca. <b>39,227N</b> / 4kgf * |
| Övriga typer | Spindelstigning: 0,1mm/0,25mm                         | Upp till ca. <b>19,613N</b> / 2kgf   |
|              | Spindelstigning: 0,5mm                                | Upp till ca. <b>39,227N</b> / 4kgf   |
|              | Spindelstigning: 1,0mm                                | Upp till ca. <b>58,840N</b> / 6kgf   |
|              | Ickeroterande spindel                                 | Upp till ca. <b>19,613N</b> / 2kgf   |
|              | Serie 110 ultrafin matning (med differentialekmanism) | Upp till ca. <b>19,613N</b> / 2kgf   |

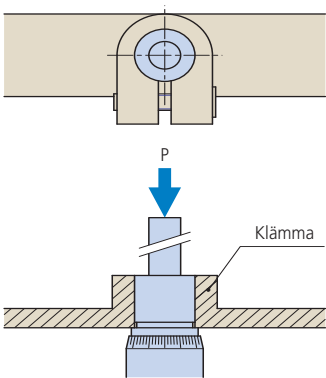
\* Upp till ca. **19,613N** / 2kgf endast för miniatyrmodeller

### 2. Statiskt belastningstest (148-104 / 148-103 användes för denna test)

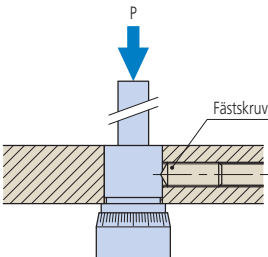
(1) Med låsskruv



(2) Med klämma



(3) Med fästskruv

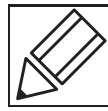


#### Testförhållanden

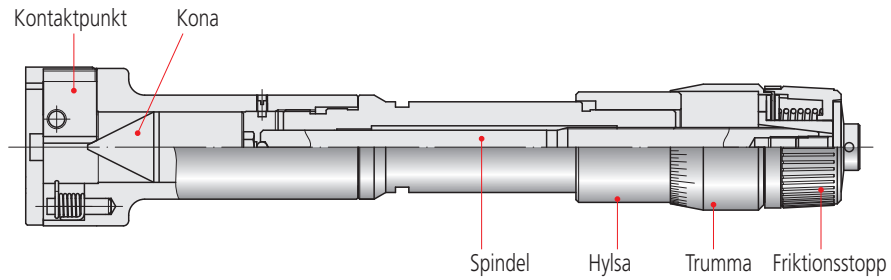
Mikrometerhuvudena monterades som i skisserna och kraften då huvudena skadades eller trycktes ut ur fixturen vid statisk belastning, i riktning P, mättes. (Vid testerna togs ingen hänsyn till noggrannhetsområdena).

| Monteringsmetod | Skada / lossningskraft*                                                          |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| (1) Låsskruv    | Skada på huvudenheten uppstår vid <b>8,63 till 9,8kN</b> (880 till 1000kgf).     |
| (2) Klämma      | Huvudenheten trycks ut ur fixturen vid <b>0,69 till 0,98kN</b> (70 till 100kgf). |
| (3) Fästskruv   | Skada på fästskruven uppstår vid <b>0,69 till 1,08kN</b> (70 till 110kgf).       |

\* Dessa belastningsvärden ska endast ses som ungefärliga.



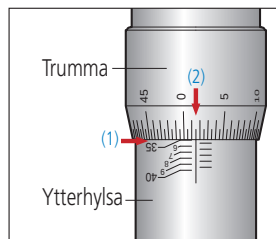
### Terminologi



### Hur man läser av skalan

Gradering 0,005 mm

|                |           |
|----------------|-----------|
| (1) Ytterhylsa | 35 mm     |
| (2) Trumma     | 0.015 mm  |
| Avläsning      | 35.015 mm |

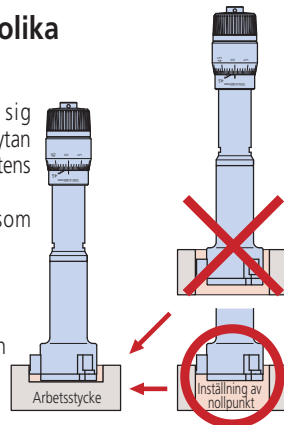


### Skilnader i mätvärde vid olika mätpunkter

När man använder en Holtest skiljer sig mätvärdet åt om man mäter längs hela mätytan eller bara på spetsen, detta beror på produktens konstruktion.

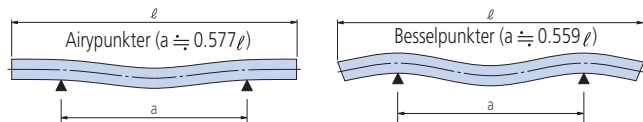
Justera nollpunkten i samma position som mätningen.

Om du ska mäta med spetsen på mätytan ska nollställningen utföras på samma sätt.



### Airypunkter och Besselpunkter

När en längdnormal eller invändig mikrometer ligger horisontellt, med enklast möjlig stöd på två punkter, böjer den sig under sin egen vikt till en form som beror på avståndet mellan dessa punkter. Det finns två användbara avstånd mellan de punkter som styr denna deformation, såsom visas nedan.



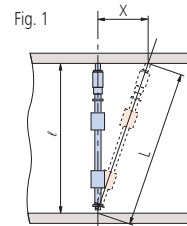
Ändarna på en längdnormal, eller mikrometer, kan fås att ligga exakt horisontellt genom att avståndet mellan de två stöden blir symmetriskt, se ovan. Dessa s k Airypunkter används ofta för att säkerställa att ändarna på en längdnormal är parallella med varandra, så att längden är väl definierad.

Längdnormalens, eller mikrometers, längdförändring på grund av böjning kan minimeras genom att placera de två stöden symmetriskt såsom visas ovan. Dessa punkter kallas Besselpunkter och kan vara användbara vid mätning med en lång invändig mikrometer.

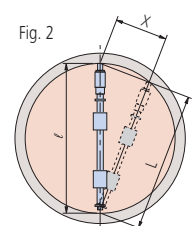
### Mätfel orsakade av mikrometers temperaturvariation

Värmeöverföring från operatören till mikrometern bör minimeras för att undvika betydande mätfel orsakade av temperaturskillnaden mellan arbetsstycket och mikrometern. Om mikrometern hålls i när man mäter, bör man använda handskar eller hålla i värmeisolatorn (om sådan finns).

### Mätfel orsakade av felplacering

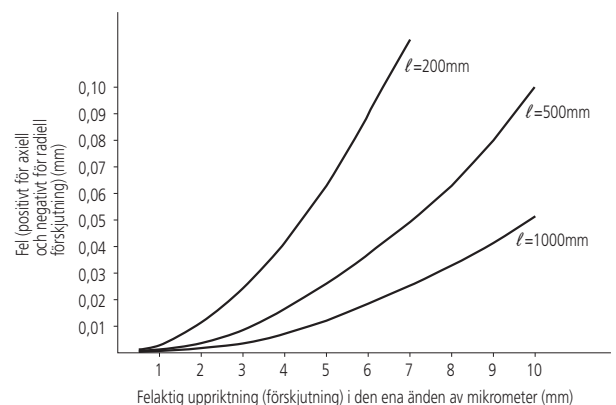


$\ell$ : Rörets invändiga diameter  
 $L$ : Uppmätt längd med axiell förskjutning  $X$   
 $X$ : Förskjutning i axiell riktning  
 $\Delta \ell$ : Mätfel  
 $\Delta \ell$ :  $L - \ell = \sqrt{\ell^2 + X^2} - \ell$



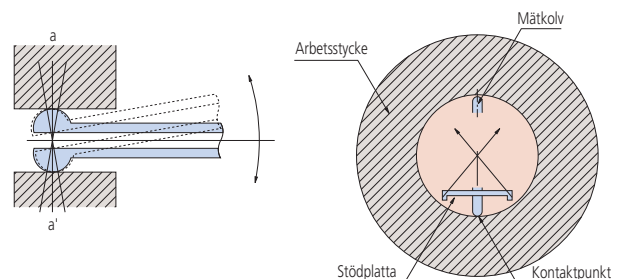
$\ell$ : Rörets invändiga diameter  
 $L$ : Uppmätt längd med radiell förskjutning  $X$   
 $X$ : Förskjutning i radiell riktning  
 $\Delta \ell$ : Mätfel  
 $\Delta \ell$ :  $L - \ell = \sqrt{\ell^2 - X^2} - \ell$

Om en invändig mikrometer är felaktigt uppriktad i den axiella eller radiella riktningen med det förskjutna avståndet  $X$  när en mätning utföres, såsom i figurerna 1 och 2, kommer mätvärdet att vara fel som visas i diagrammet nedan (byggt på formlerna ovan). Felet är positivt för axiell förskjutning och negativt för radiell förskjutning.



### Hålindikatorer

- Mitutoyos hålindikatorer för små hål har stor radie på kontaktytorna, vilket gör det enkelt att positionera för att mäta hål i riktningen  $a - a'$ . Hålets diameter är det minsta värdet som visas på mäturet när hålindikatorn vickas fram och tillbaka såsom visas av pilarna nedan.



- Den fjäderbelastade stödplattan på Mitutoyos tvåpunkts hålindikatorer säkerställer automatiskt radiell uppriktning så att det endast krävs en axiell rörelse för att finna den minsta avläsningen (hålets diameter).

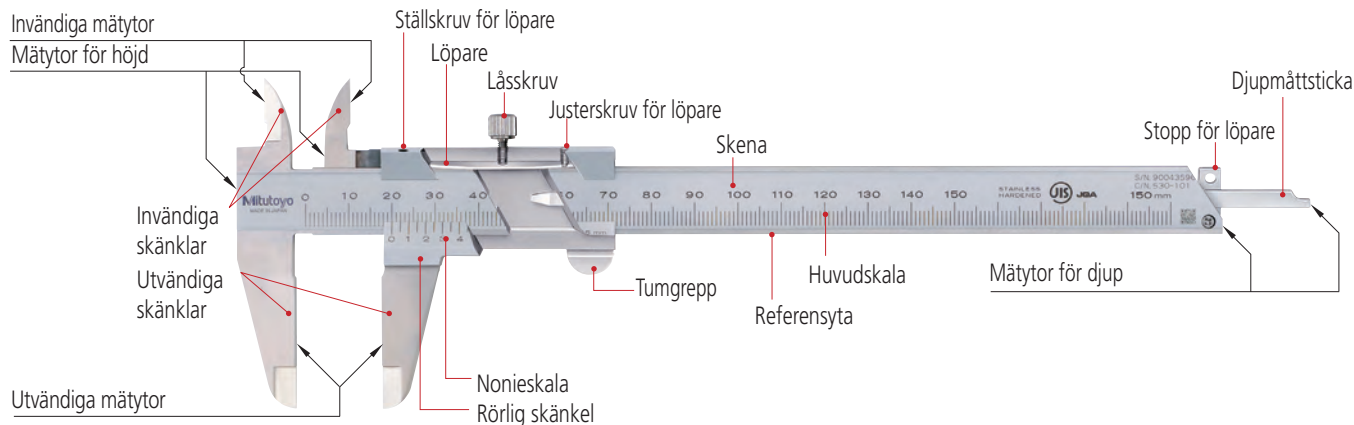
# Snabbguide till precisionsmätdon



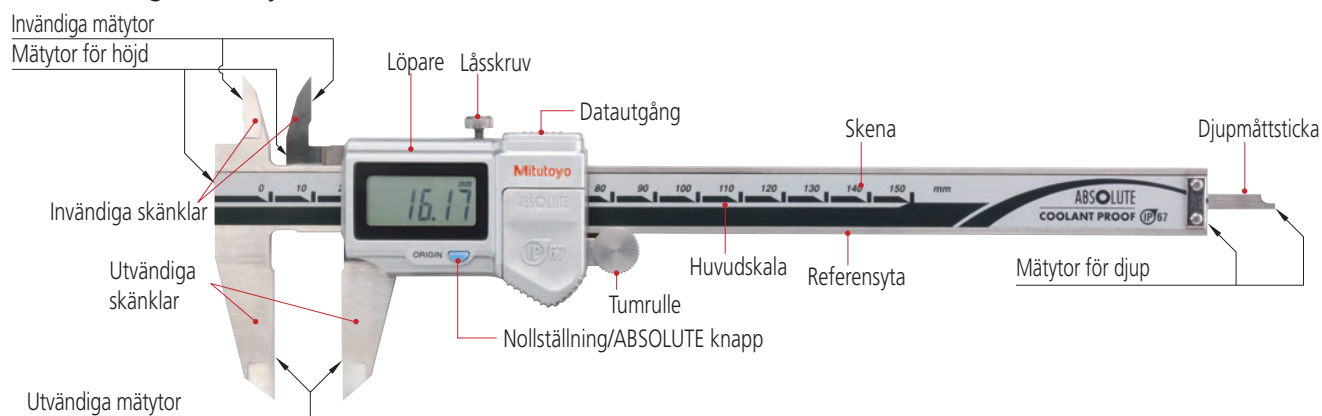
## Skjutmått

### Terminologi

#### Skjutmått med nonie



#### Absolute Digimatic Skjutmått



### Hur man läser av skalan

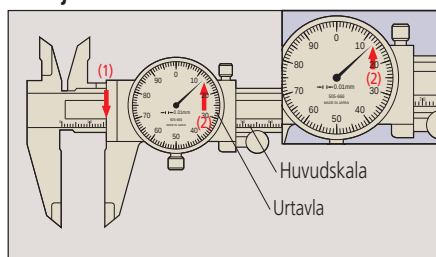
#### Nonieskjutmått



#### Gradering 0,05mm

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| (1) Avläsning på huvudsкала | 4.00 mm |
| (2) Avläsning på noniesкала | 0.75 mm |
| Total avläsning             | 4.75 mm |

#### Skjutmått med mätur



#### Gradering 0,01mm

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| (1) Avläsning på huvudsкала | 16 mm    |
| (2) Avläsning på urtavla    | 0.13 mm  |
| Total avläsning             | 16.13 mm |

Notera) Vänster ovan: 0,75 mm (2) är avläst i den position där huvudsкалans graderingslinje är i linje med en linje på noniesкала.

### Mätexempel

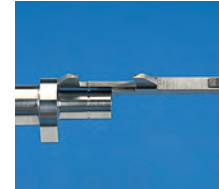
#### 1. Utvändig mätning



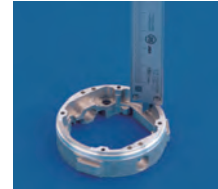
#### 2. Invändig mätning



#### 3. Mätning av steg

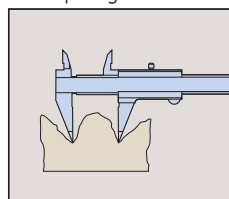


#### 4. Djupmätning



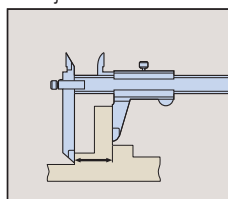
### Specialskjutmått

#### Med spetsiga skänklar



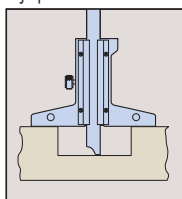
För mätning på ojämna ytor

#### Förskjutna skänklar



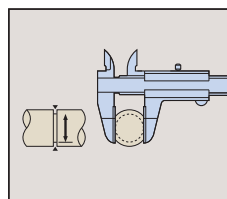
För mätning på ytor med olika steg

#### Djupmått



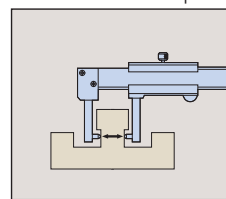
För djupmätning

#### Med tunna skänklar



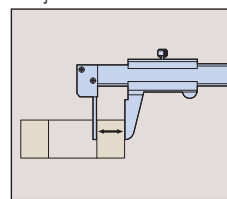
För mätning av diameter i smala spår

#### Med vinklade mätpetsar



För mätning av utvändigt diameter såsom tjocklek på försänkningar

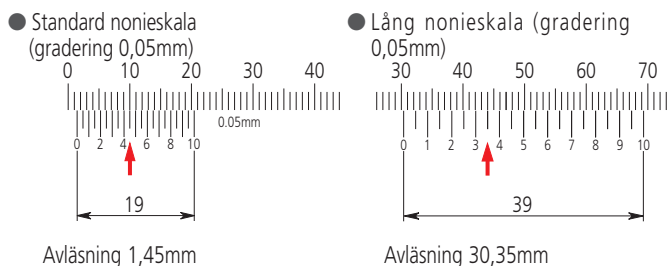
#### Rörtjocklek



För mätning av godstjocklek på rör

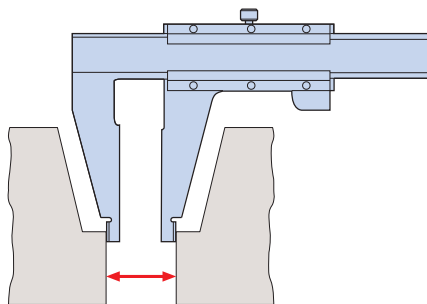
## ■ Olika nonieskalor

Nonieskalan sitter på den rörliga skänkeln och varje delning på denna skala görs 0,05 mm kortare än huvudskalans skalindelning på 1 mm. Detta innebär att när skänkeln öppnas, ger varje successiv förflyttning på 0,05 mm en nästkommande nonielinjes sammanträffande med en linje på huvudskalan vilket indikerar antalet 0,05 mm enheter som skall räknas (för enklare avläsning är dock skalan graderad i hela mm). Alternativt kan en noniedelning göras 0,05 mm kortare än två delningar av huvudskalan för att göra en lång nonieskala. Detta gör skalan lättare att läsa men principen, och graderingen är fortfarande densamma.



## ■ Om långa skjutmått

Ställinjaler används vanligen för att grovt mäta stora arbetsstycken, men om det krävs litet högre noggrannhet, är ett långt skjutmått lämpligt för detta. Ett långt skjutmått är mycket praktiskt genom sin användarvänlighet, men några saker bör man ha i åtanke vid användning. För det första är det viktigt att förstå att det inte finns något samband mellan upplösning och noggrannhet. För mer information, se värdena i vår katalog. Upplösningen är konstant, medan den noggrannhet som kan uppnås varierar kraftigt beroende på hur skjutmättet används. Mätmetoden med detta instrument är ett problem eftersom påverkan på skenan orsakar en stor del av mätfelet, så noggrannheten kommer att variera avsevärt beroende på den metod som används för att stödja skjutmättet vid det tillfället. Var också noga med att inte använda för högt mättryck när du använder de utvändiga mätytorna, eftersom de är längst ut från skenan så risken för mätfel kommer att vara högst här. Denna försiktighetsåtgärd är också nödvändig vid användning av skänkelspetsarna på skjutmått med långa skänklar.



## ■ Mätning av små hål med ett standardskjutmått

Ett strukturellt fel  $\Delta d$  uppstår när du mäter den invändiga diametern i ett litet hål.

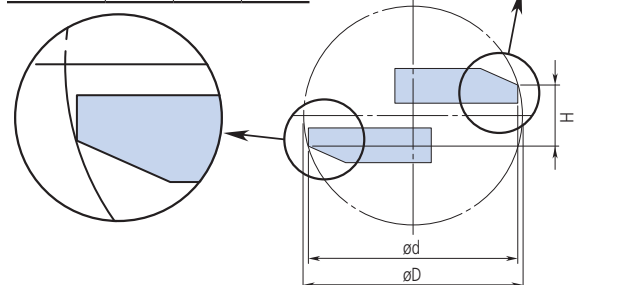
$\phi D$ : Verklig invändig diameter

$\phi d$ : Avläst invändig diameter

$\Delta d$ : Mätfel ( $\phi D - \phi d$ )

Verklig invändig diameter ( $\phi D$ : 5mm)

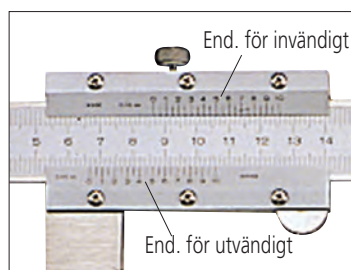
| H          | 0.3   | 0.5   | 0.7   |
|------------|-------|-------|-------|
| $\Delta d$ | 0.009 | 0.026 | 0.047 |



## ■ Invändig mätning med rundade mätytor

Eftersom mätytorna för invändig mätning på ett skjutmått sitter längst ut på skänklarna, är mätytornas parallellitet starkt påverkad av mättrycket, och det utgör en viktig faktor för vilken mät noggrannhet som uppnås.

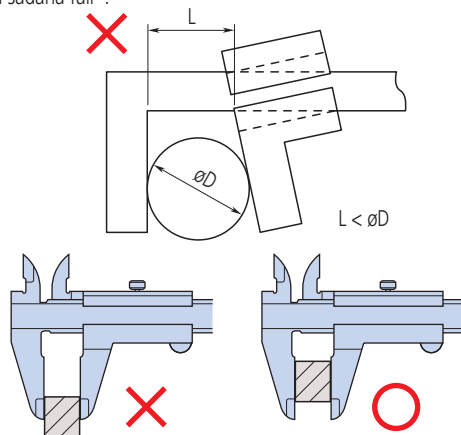
I motsats till ett standardskjutmått, kan ett skjutmått med rundade mätytor inte mäta en mycket liten håldiameter eftersom det är begränsat till storleken på de avfasade skänklarna, men normalt är inget problem eftersom det är ovanligt att mäta mycket små hål med denna typ av skjutmått. Naturligtvis är radien på de invändiga mätytorna alltid tillräckligt liten för att medge korrekta mätningar av håldiameter ända ner till minsta möjliga (nästan slutna skänklar). Mitutoyos skjutmått med rundade mätytor är försedda med en extra skala på den rörliga skänkeln så att de kan läsas av direkt utan behov av beräkning, på samma sätt som vid en utvändigt mätning. Denna användbara funktion eliminerar risken för fel som kan uppstå när man måste addera tjockleken på mätytorna för invändig mätning på ett skjutmått med bara en skala



## Allmänna råd vid mätning med skjutmått

### 1. Potentiella felkällor

Det finns en mängd olika faktorer som kan orsaka fel vid mätning med ett skjutmått. Viktiga faktorer inkluderar parallaxeffekter, för högt mättryck genom det faktum att ett skjutmått inte överensstämmer med Abbes princip, skillnad i termisk expansion på grund av en temperaturskillnad mellan skjutmått och arbetsstycket och effekten av tjockleken på de knivseggformade skänklarna och spelet mellan dessa under mätningen av diametern i ett litet hål. Även om det också finns andra felkällor såsom graderingsnoggrannhet, referenskantens rakhet, huvudskalans planhet på skenan och skänklarnas rätvinklighet, är dessa faktorer inräknade i instrumentets felmarginal. Därför orsakar inte dessa faktorer problem så länge skjutmåttet ligger inom felmarginalerna. Handhavandeinstruktioner är mycket viktiga så att operatören kan beräkna det totala mättelet som orsakas av skjutmåttets konstruktion före användning. Dessa instruktioner hänvisar till mättryck och föreskriver att "eftersom skjutmättet inte har en funktion för konstant mättryck måste du mäta ett arbetsstycke med ett så jämnt mättryck som möjligt. Var extra försiktig när du mäter längst in eller längst ut på skänkeln eftersom det största felet kan uppstå i sådana fall".



### 2. Invändig mätning

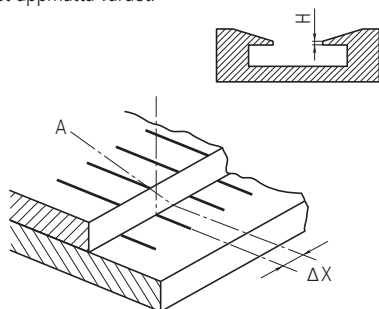
För in de invändiga skänklarna så djupt som möjligt innan mätning. Läs av högsta angivna värdet vid invändig mätning. Läs av det lägsta angivna värdet vid mätning av spårbredd.

### 3. Djupmätning

Läs av det lägsta angivna värdet vid djupmätning.

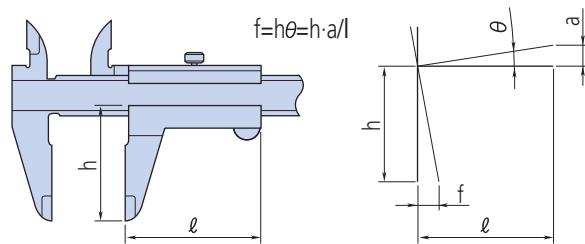
### 4. Parallaxfel vid avläsning av skalan

Avläs nonieskalans linje rakt ovanifrån när du kontrollerar var nonieskalans linjer mot huvudskalans linje. Om du avläser nonieskalans linje snett ifrån (A) är linjeringspositionen förvrängd av X, som visas i figuren nedan, på grund av en parallaxeffekt orsakad av höjdskillnaden (H) mellan nonieskalans och huvudskalans gradering, vilket resulterar i ett avläsningsfel av det uppmätta värdet.



### 5. Lutningsfel på den rörliga skänkeln

Om den rörliga skänkeln lutar så att den inte är parallell med den fasta skänkeln, antingen genom att för hög kraft läggs på löparen eller ett rakhetsfel i skenans referenskant, uppstår ett mätfel som visas i figuren. Detta fel kan vara betydande på grund av att ett skjutmått inte överensstämmer med Abbes princip.



Exempel: Antag att skänklarnas lutningsfel till följd av att löparen lutar är 0,01 mm per 50 mm och de utvändiga skänklarna är 40 mm djupa, då beräknas felet (vid skänkelspetsen) som  $(40/50) \times 0,01 \text{ mm} = 0,008 \text{ mm}$ .

Om gejderytan är sliten kan ett fel kan förekomma även med rätt mättryck.

### 6. Förhållandet mellan mätning och temperatur

Skjutmåttets huvudskala är graverad (eller monterad) på rostfritt stål. Notera att även om den linjära termiska expansionskoefficienten är lika med den för det vanligaste arbetsstycksmaterialet, stål,  $d \text{ v s } (10,2 \pm 1) \times 10^{-6} / \text{K}$ , kan andra arbetsstycksmaterial, rumstemperaturen och arbetsstyckets temperatur påverka mät noggrannheten.

### 7. Handhavande

Skjutmåttets skänklar är vassa, och därför måste instrumentet hanteras med försiktighet för att undvika personskador.

Undvik att skada skalan på digitala skjutmått genom att gravera in ett identifikationsnummer eller annan information på det med en elektrisk märkpena.

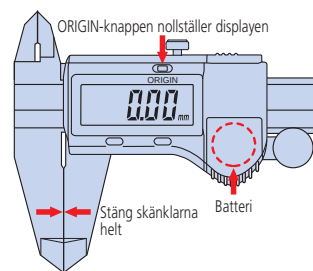
Undvik att skada skjutmättet genom att utsätta det för kontakt med hårda föremål eller genom att tappa det på en bänk eller på golvet.

### 8. Underhåll av skenans glidytor och mätytor

Torka bort damm och smuts från glidytor och mätytor med en torr, mjuk duk före användandet.

### 9. Kontroll och inställning av nollpunkten före användning

Rengör mätytor genom att klämma åt ett rent pappersark mellan de utvändiga skänklarna och dra sedan långsamt ut det. Stäng skänklarna och se till att nonieskalans (eller displayen) visar noll innan du använder skjutmättet. När du använder ett Digimatic skjutmått, återställ nollpunkten (ORIGIN-knappen) efter batteribyte.



### 10. Hantering efter användandet

Efter användning av skjutmättet ska all ev fukt eller olja noga torkas bort. Efter det, applicera litet korrosionsskyddande olja och låt den torka innan förvaring. Torka även bort vatten från en vattentätt skjutmått och eftersom det också kan rosta.

### 11. Råd vid förvaring

Undvik direkt solljus, höga och låga temperaturer och hög luftfuktighet under förvaring.

Om ett digitalt skjutmått inte kommer att användas under mer än tre månader, ta ur batteriet.

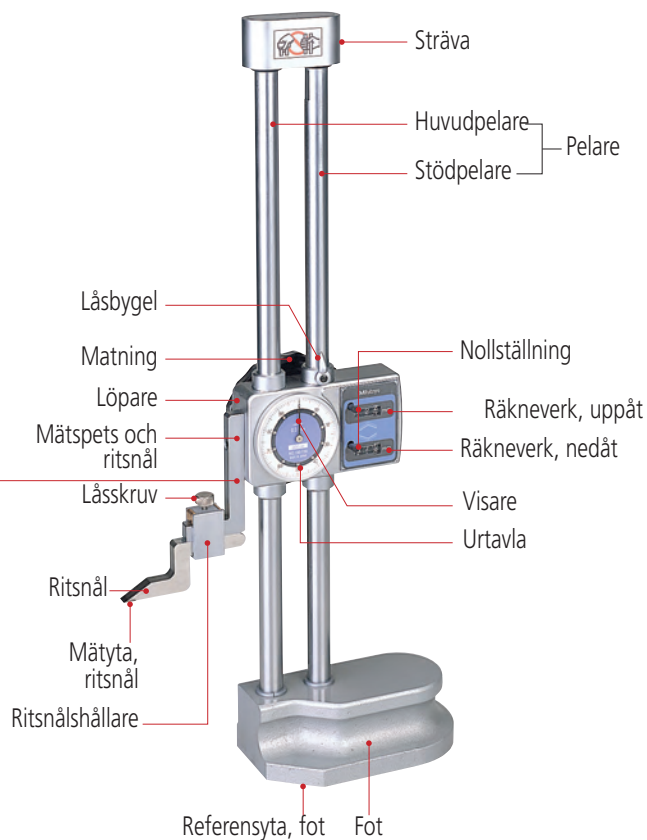
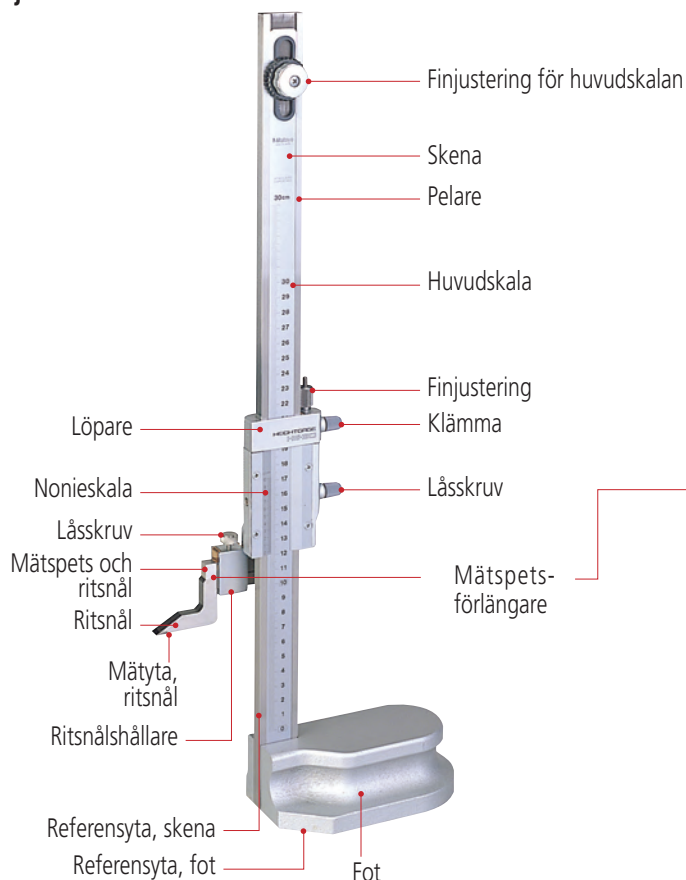
Lämna inte skjutmåttets skänklar helt stängda under förvaring.



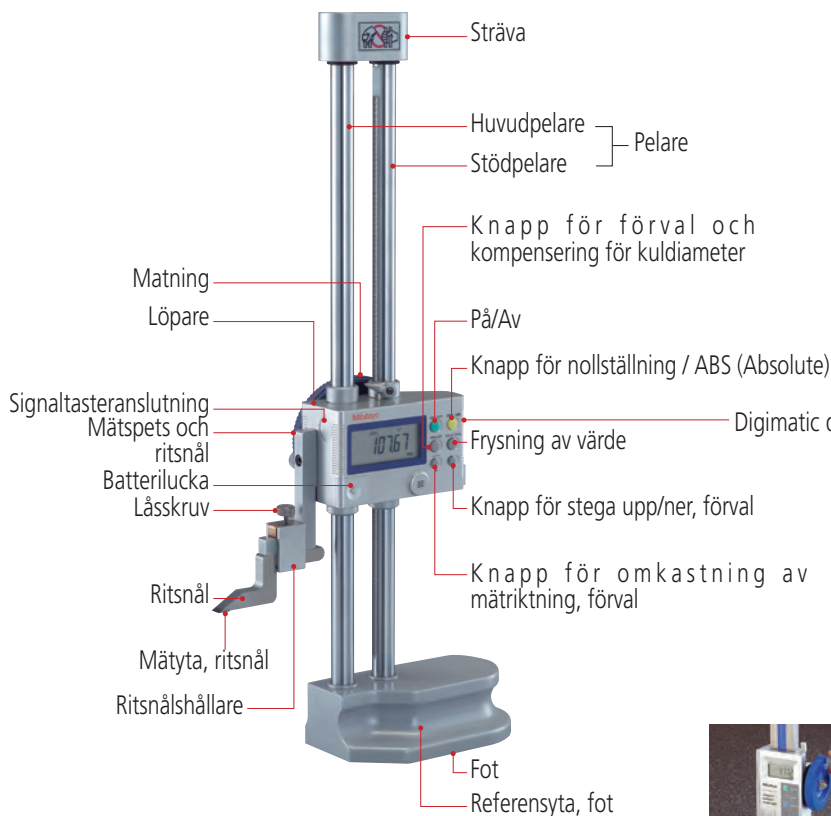
### Terminologi

#### Höjdritsmått med nonie

#### Höjdritsmått med räkneverk



#### Digimatic Höjdritsmått



Vertikalförflyttning med ratt



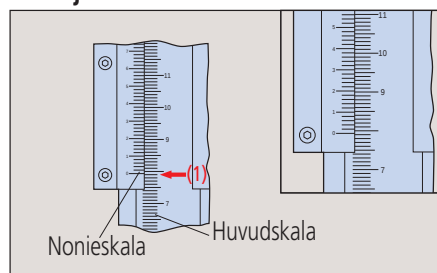
Kraftigt låsvred



Ergonomisk utformning

## ■ Hur man läser av skalan

### ● Höjdrätsmått med nonie



#### Gradering 0,02mm

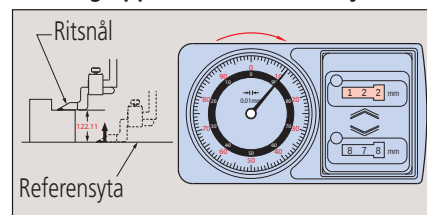
(1) Huvudskala 79 mm

(2) Nonieskala 0.36 mm

Total avläsning 79.36 mm

### ● Höjdrätsmått med räkneverk

#### Mätning uppåt från en referensyta

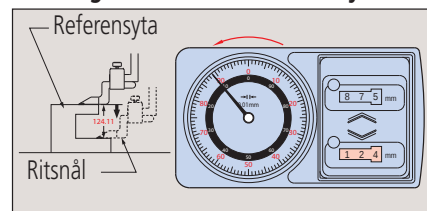


Räkneverk 122 mm

Urtavla 0.11 mm

Avläsning 122.11 mm

#### Mätning nedåt från en referensyta



Räkneverk 124 mm

Urtavla 0.11 mm

Avläsning 124.11 mm

## ■ Allmänna råd vid mätning med höjdrätsmått

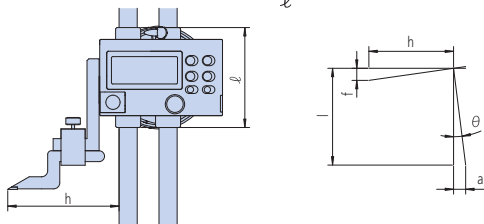
### 1. Potentiella felkällor

I likhet med skjutmått finns det ett antal olika felkällor vid mätning med ett höjdrätsmått, bl a parallaxeffekter, för högt mättryck genom det faktum att ett höjdrätsmått inte överensstämmer med Abbes princip och skillnad i termisk expansion på grund av en temperaturskillnad mellan höjdrätsmättet och arbetsstycket. Det finns också andra felfaktorer som orsakas av höjdrätsmättets konstruktion. I synnerhet bör felfaktorer relaterade till en skev referenskant och montering av ritsnålen, som beskrivs nedan, beaktas före användning.

### 2. Skev referenskant (pelare) och montering av ritsnål

Som med skjutmått, och som visas i nedanstående figur, uppstår ett mätfel när du använder höjdrätsmättet om pelaren som styr löparen blir skev. Detta fel kan representeras med hjälp av samma beräkningsformel för fel som orsakas av avvikelser från Abbes princip.

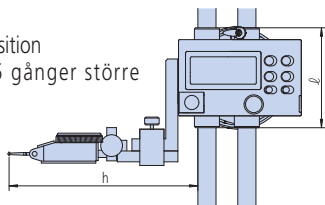
$$f = h \theta = h \frac{a}{L}$$



Installation av ritsnål (eller en vippindikator) kräver noggranna överväganden eftersom den påverkar storleken på eventuella fel på grund av en skev referenspelare genom att öka mättet h i ovanstående formel. Med andra ord, om en lång ritsnål (tillval) eller vippindikator används blir mätfelet större.

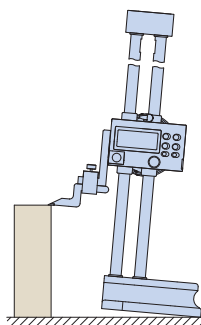
Exempel: Effekt av mätpunktens position

Om h är 150 mm, blir felet 1,5 gånger större än om h är 100 mm.



### 3. Risken att foten lyfter från referensytan

När man ställer in ritsnålens höjd från en passbitskombination, eller från ett arbetsstycke, kan foten lyfta från bordet (eller referensytan) om överdriven nedåtriktad kraft läggs på löparen, vilket resulterar i mätfel. För noggrann inställning, förflytta löparen sakta nedåt medan du flyttar ritsnålens spets fram och tillbaka över passbitens yta (eller arbetsstycket). Den korrekta inställningen är när det upplevs bara som en lätt beröring när ritsnålen rör sig över ytan. Det är också viktigt att se till att bordets och fotens referensytor är fria från damm och grader före användning.



### 4. Förhållandet mellan noggrannhet och temperatur

Höjdrätsmått tillverkas av flera olika material. Observera att vissa kombinationer av arbetstycksmaterial, rumstemperatur och arbetstyckets temperatur kan påverka mät noggrannheten om denna effekt inte är tillåten för att kunna utföra en korrekt beräkning.

5. Spetsen på ritsnålen är mycket vass och måste hanteras försiktigt för att undvika personsador.

6. Undvik att skada skalan på digitala höjdrätsmått genom att gravera in ett identifikationsnummer eller annan information på det med en elektrisk märkpena.

7. Hantera höjdrätsmättet med försiktighet så att det inte tappas eller slår i något.

## ■ Användande av höjdrätsmått

1. Håll pelaren som styr löparen ren. Om det samlas damm och smuts på den försvåras förflyttning av löparen vilket ger mät- och inställningsfel.

2. Vid ritsning ska löparen spärras i lämplig position med låsanordningen. Man bör kontrollera inställningen efter låsningen eftersom detta moment kan ändra inställningen något på vissa typer av höjdrätsmått.

3. Parallelliteten mellan ritsnålens mätyta och fotens referensyta bör vara 0,01 mm eller bättre.

Avlägsna all smuts och damm från monteringsytan innan installation av ritsnålen eller vippindikatorn. Se till att ritsnålen och andra delar sitter ordentligt fast under mätningen.

4. Om höjdrätsmättets huvudskala kan förflyttas, skjut skalan så mycket som krävs för att nollställningen kan genomföras och dra åt låsmuttern ordentligt.

5. Parallaxfel ska inte underskattas. Avläs alltid skalan rakt framifrån.

6. Efter användning av höjdrätsmättet ska all ev fukt eller olja noga torkas bort. Efter det, applicera litet korrosionsskyddande olja och låt den torka innan förvaring.

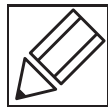
7. Förvaring:

Undvik direkt solljus, höga och låga temperaturer och hög luftfuktighet under förvaring.

Om ett digitalt höjdrätsmått inte kommer att användas under mer än tre månader, ta ur batteriet.

Om det medföljde en skyddshuv, använd den vid förvaring för att undvika att damm samlas på pelaren.

# Snabbguide till precisionsmätdon



## Passbitar

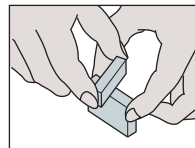
### Definitionen av en meter

Den 17:e generalkonferensen för mått och vikt 1983 beslutade om en ny definition av enheten meter som "den sträcka ljuset tillryggalägger i vacuum under 1/299 792 458 sekund". Passbiten omvandlar denna måttenhet till praktisk användbarhet och är använd som standard inom industrin.

### Sammanfogning av passbitar

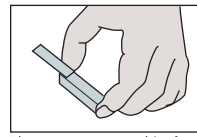
- Sammanfogning skall gärna utföras på ett rent och mjukt underlag - det skyddar passbiten om du skulle råka tappa den.
- Torka av fett och olja med hjälp av luddfri duk eller mikrofiberduk och alkohol med minst 80% alkoholhalt eller kemiskt ren bensin.
- Damm tas enklast bort med t. ex. en sminkborste och luftblåsare.
- Använd aldrig alkohol eller vanlig bensin för rengöring; vanlig bensin innehåller för många orenheter och vattnet i alkohol- och petroleumprodukter gör att passbitar i stål korroderar.
- En mikrofiberduk är bäst lämpad för att torka av passbitar.
- Kontrollera om det finns rost, repor eller slagmärken.
- Om det finns grader på mätytan bör detta åtgärdas av behörig personal. Passbiten bör kalibreras efteråt. Grader kan avlägsnas försiktigt med hjälp av en speciell slipsten för passbitar, Cerastone. Skjut den rena passbiten med mycket lätt tryck fram och tillbaka över slipstenen.
- När passbitarna ska häftas ihop, ta en mycket liten droppe paraffinolja mellan ytorna. Det gör att det går lättare att häfta passbitarna och ger en säkrare vidhäftning.

a. Sammanfogning av tjocka passbitar



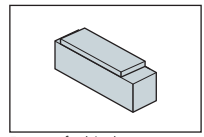
Sätt de två mätytorna i kontakt mot varandra vinkelrätt.

b. Sammanfogning av en tjock passbit med en tunn

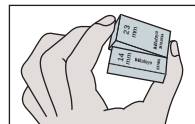


Placera en tunn passbit så att den överlappar ena sidan av en tjock passbit.

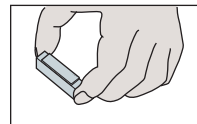
c. Sammanfogning av tunna passbitar



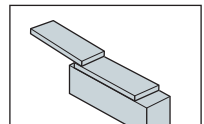
För att förhindra att tunna passbitar böjer sig, börja med att skjuta fast en tunn passbit ovanpå en tjock.



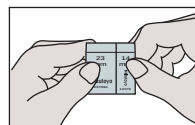
Under lätt tryck, vrid försiktigt den ena passbiten mot den andra. Du kommer att känna när de häftar ihop om det utförs rätt.



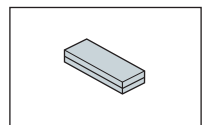
Skjut den tunna passbiten under tryck över hela den överlappande ytan tills mätytorna ligger i linje med varandra.



Därefter skjuts nästa tunna passbit fast ovanpå den första tunna.

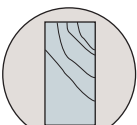
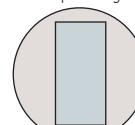


Vrid passbitarna tills de ligger i plan med varandra.

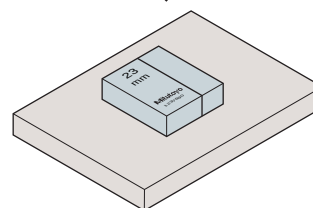


Slutligen tas den tjocka passbiten bort från kombinationen.

Sätt ett optiskt planglas på ytan till en tunn passbit för att kontrollera ihopsättningen.



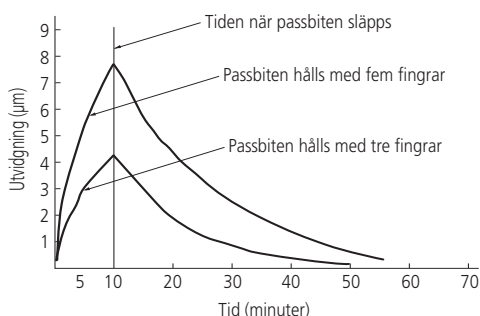
Oregelbundna interferenslinjer



Torka av de synliga mätytorna och fortsätt bygga upp kombinationen på samma sätt tills den är komplett.

### Tiden för termisk stabilisering

Nedanstående diagram visar graden av dimensionell förändring när en 100 mm passbit i stål hanteras med bara händer.

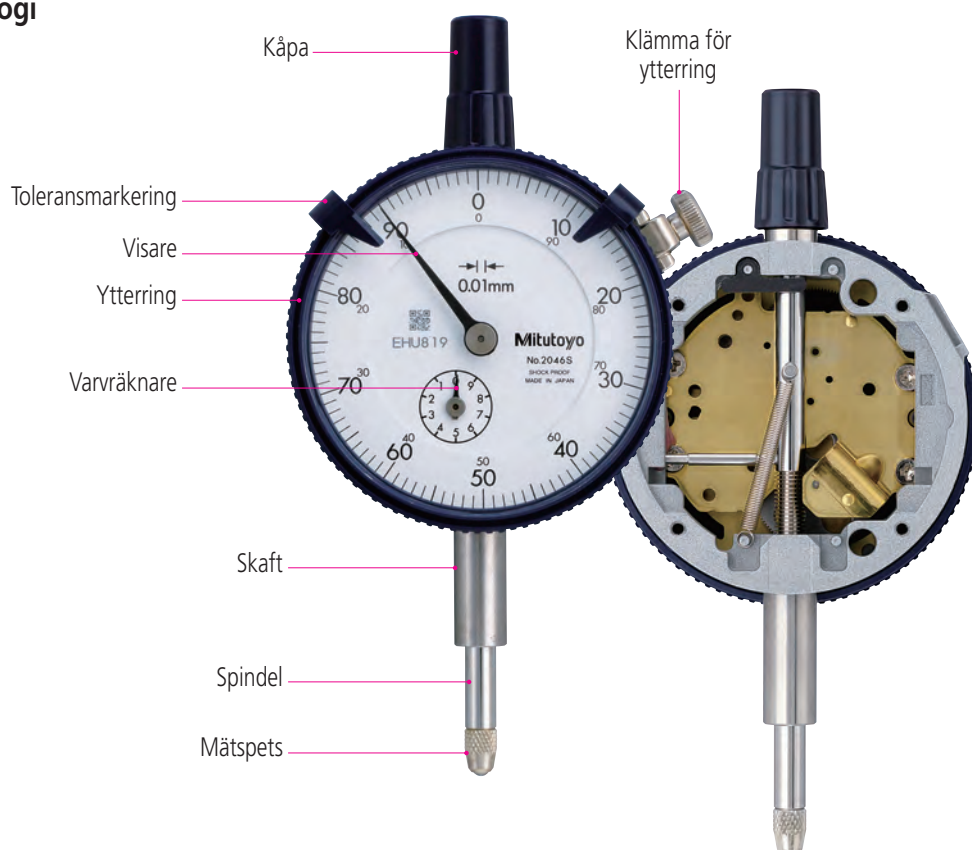


# Snabbguide till precisionsmätdon



## Mätur

### Terminologi



### Urtavlor

0,01mm



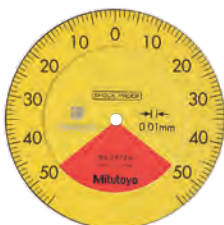
Fortlöpande skala  
(dubbelriktad gradering)



Dubbelsidig (flervarvs)

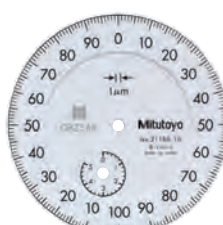


Fortlöpande skala (omvänd skala)

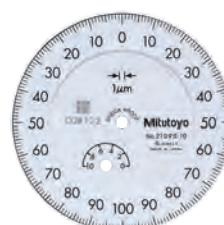


Dubbelsidig (envarvs)

0,001mm



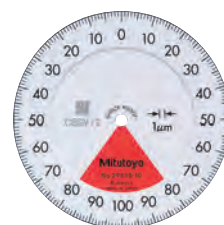
Fortlöpande skala  
(Standard delstrecksavstånd)



Dubbelsidig (flervarvs)



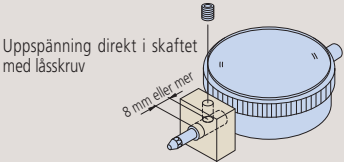
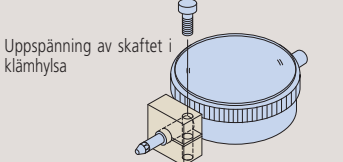
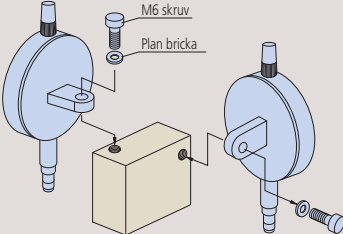
Fortlöpande skala (dubbelt delstrecksavstånd)



Dubbelsidig (envarvs)

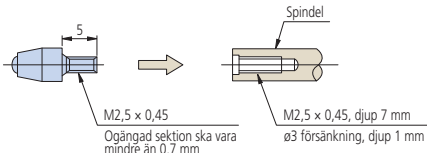
Fortlöpande skala: För direkt avläsning  
Dubbelsidig: För avläsning av avvikelsen från en referensyta  
Omvänd skala: För djup- eller hålmätning  
Envarvs: För felfri avläsning av små avvikelser

## Montering av mätur

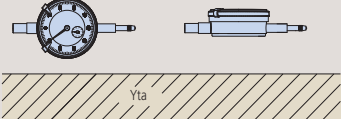
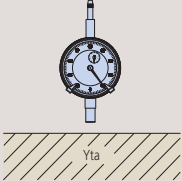
|                     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                           |
|---------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Montering i skaffet | Metod  |  <p>Uppspänning direkt i skaffet med låsskruv</p> <p>8 mm eller mer</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  <p>Uppspänning av skaffet i klämhylsa</p>              |
|                     | Notera | <ul style="list-style-type: none"> <li>Monteringshållets tolerans: <math>\varnothing 8G7(+0,005</math> till <math>0,02)</math></li> <li>Låsskruv: M4 till M6</li> <li>Uppspänningsposition: Minst 8 mm från skaffets nedre kant</li> <li>Max åtdragningsmoment: 150 N-cm vid uppspänning med en M5 skruv</li> <li>Notera att för högt åtdragningsmoment kan påverka spindelns rörelse.</li> </ul>                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Monteringshållets tolerans: <math>\varnothing 8G7(+0,005</math> till <math>0,02)</math></li> </ul> |
| Montering i fästöra | Metod  |  <p>M6 skruv</p> <p>Plan bricka</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                           |
|                     | Notera | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bakstycket kan monteras vridet <math>90^\circ</math> för att passa den aktuella applikationen. (Bakstycket sitter med fästörat horisontellt vid leverans)</li> <li>Bakstycken till vissa serie 1-modeller (Nr. 1911, 1913-10 och 1003) kan dock inte ändras till horisontellt läge.</li> <li>För att undvika cosinusrelaterade fel, kontrollera att mäturet, oavsett typ, monteras med spindeln i linje med den avsedda mätriktningen.</li> </ul> |                                                                                                                                           |

## Mätspets

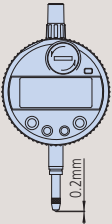
- Skruvens gänga är som standard M2,5x0,45 (längd: 5 mm).
- Vid tillverkning av egna mätspetsar ska den ogängade delen längst in på skruven vara mindre än 0,7 mm.



## Mätriktningsens effekt på mättrycket

| Position                                                                                                                                    | Anmärkningar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Spindeln riktad nedåt (normal position)</p>           | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>Spindeln i horisontellt läge (liggande position)</p>  | <p>Om mätningen utförs med spindeln horisontellt eller uppåt, är mättrycket lägre än när spindeln är riktad nedåt. I detta fall bör du kontrollera funktionen och repeterbarheten på mäturet eller digitaldisplayen. För användarinstruktioner vid olika positioner för analoga och digitala mätur, se produktbeskrivningarna i huvudkatalogen.</p> |
| <p>Spindeln riktad uppåt (upp och nedvänd position)</p>  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

## Inställning av nollpunkten på ett digitalt mätur

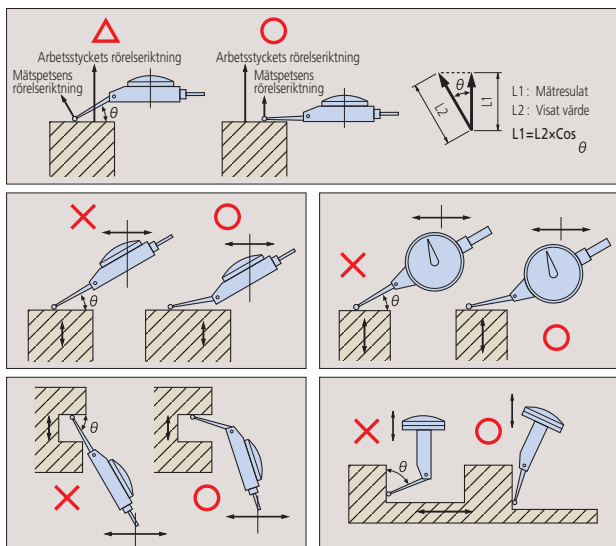
|                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>0,2 mm</p> | <p>Specifikationen i intervallet 0,2 mm från spindelns ändläge kan inte garanteras för digitala mätur. När du ställer in nollpunkten eller förinställer ett visst värde, lyft spindeln minst 0,2 mm från ändläget.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Hantering av spindeln

- Smörj inte spindeln. Det gör att damm samlas vilket kan leda till brister i funktionen.
- Om spindeln kärvar, torka av den nedre och övre ytan med en duk som är torr eller fuktad med alkohol. Om detta inte hjälper, kontakta Mitutoyo för reparation.
- Innan mätning eller kalibrering, kontrollera att spindeln rör sig obehindrat i bägge riktningarna samt nollpunktens repetering.

## Vippindikatorer och cosinuseffekten

Minimera alltid vinkeln mellan rörelseriktningarna vid mätning.



Vippindikatorers visning kommer inte att representera det korrekta mätvärdet om dess mätriktning inte linjerar med den avsedda mätriktningen (cosinuseffekten). Eftersom vippindikatorns mätriktning är vinkelrät mot en linje dragen genom mätspetsen och mätarmens pivotpunkt, kan denna effekt minimeras genom att ställa in mätspetsen med minsta vinkel  $\theta$  (som visas i figurerna). Om det behövs, kan avläsningen kompenseras för det faktiska  $\theta$  värdet med hjälp av tabellen nedan för att ge det rätta mätvärdet.

Mätresultat = Visat värde x kompenseringsvärde

### Kompensering för en icke-nollvinkel

| Vinkel | Kompenseringsvärde |
|--------|--------------------|
| 10°    | 0,98               |
| 20°    | 0,94               |
| 30°    | 0,86               |
| 40°    | 0,76               |
| 50°    | 0,64               |
| 60°    | 0,50               |

### Exempel

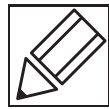
Om värdet 0,200 mm visas på skalan vid olika  $\theta$  värden, är mätresultatet:

För  $\theta = 10^\circ$ ,  $0,200 \text{ mm} \times 0,98 = 0,196 \text{ mm}$

För  $\theta = 20^\circ$ ,  $0,200 \text{ mm} \times 0,94 = 0,188 \text{ mm}$

För  $\theta = 30^\circ$ ,  $0,200 \text{ mm} \times 0,86 = 0,172 \text{ mm}$

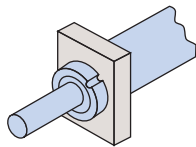
Notera: En specialmätspets med evolventform kan användas för att automatiskt lägga till kompenseringen och medge att mätningen utföres utan manuell kompensering för valfri vinkel  $\theta$  från 0 till 30°. (Denna typ av mätspets specialtillverkas).



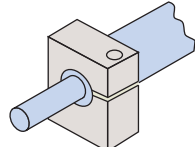
### Huvud

#### Plant skaft och skaft med låsmutter

Skaftet som används för att montera ett givarhuvud klassificeras som "plan typ" eller "låsmuttertyp", som visas nedan. Låsmuttertypen möjliggör snabb och säker fastspänning av givarhuvudet. Det plana skaftet har fördelen av en bredare tillämpning och en lätt positionsjustering i axiell riktning vid den slutliga installationen, men det kräver en klämhylsa eller limfixering. Men se noga till att inte utsätta skaftet för överdriven kraft.



Skaft med låsmutter



Plant skaft

#### Mättryck

Den kraft som åsätts arbetsstycket under mätningen genom givarens mätspets i dess ändläge, uttryckt i Newton.

#### Jämförande mätning

En mätmetod där arbetsstyckets dimension fastställs genom mätning av den geometriska skillnaden mellan arbetsstycket och en master som representerar den nominella dimensionen på arbetsstycket.

#### Kapslingsklassning

IP54 kapslingskod

| Typ                                        | Nivå           | Beskrivning                                                                         |
|--------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Skydd mot beröring och inträngande föremål | 5: Dammskyddat | Skydd mot skadligt damm                                                             |
| Skydd mot inträngande vatten               | 4: Striltätt   | Vatten som strilar mot hölet från valfri riktning får inte ha någon skadlig effekt. |

IP66 kapslingskod

| Typ                                        | Nivå        | Beskrivning                                                                         |
|--------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Skydd mot beröring och inträngande föremål | 6: Dammtätt | Skydd mot inträngande damm<br>Fullständigt skydd mot kontakt                        |
| Skydd mot inträngande vatten               | 6: Spoltätt | Vatten som strålar mot hölet från valfri riktning får inte ha någon skadlig effekt. |

#### Försiktighetsåtgärder vid montering av givare

- För in givarens skaft i mätenhetens eller stativets klämma och dra åt klämskruven.
- Notera att överdriven åtdragning av skaftet kan orsaka problem med spindelns rörelse.
- Använd aldrig en monteringsmetod där skaftet kläms fast genom direktkontakt med en skruv.
- Montera aldrig en givare i någon annan del än skaftet.
- Montera givaren så att det är i linje med den avsedda mättriktningen. Om givaren monteras i vinkel mot denna linje uppstår ett mätfel.
- Se till så att inte kabeln utövar tryck på givaren.

#### Åtgärder vid montering av Laser Hologage

Fixera Laser Hologage genom att skaftet förs in i ett anpassat stativ eller fixtur.



Klämma



Klämma

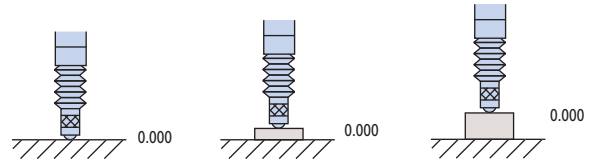
Rekommenderad håldiameter på monteringssidan: 15 mm +0,034/-0,014

- Bearbeta inspänningshålet så att dess axel är parallell med mättriktningen. Monteras givaren i vinkel uppstår ett mätfel.
- Vid fixering av Laser Hologage, spänn inte fast skaftet för hårt. För högt åtdragningsmoment kan påverka spindelns rörelse.
- Om mätningen utförs under förflyttning av Laser Hologage, montera den så att kabeln inte sträcks och ingen yttre kraft utövas på givaren.

### Displayenhet

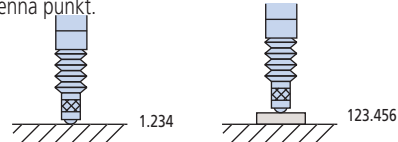
#### Nollställning

Ett värde på displayen kan sättas till 0 (noll) vid valfri spindelposition.



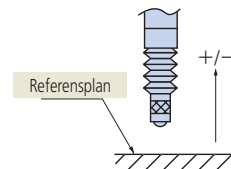
#### Förval

Ett valfritt numeriskt värde kan ställas in på displayenheten så att räknandet startar vid denna punkt.



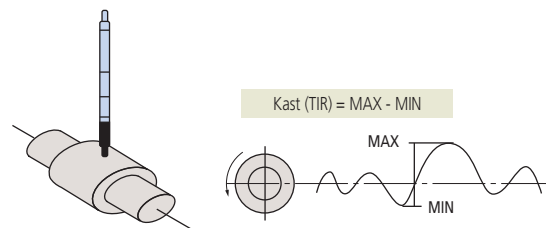
#### Omkastning av mättriktning

Spindelns mättriktning kan ställas in så att den räknar antingen plus (+) eller minus (-).



#### Inställning av MAX, MIN, TIR

Displayenheten kan frysa maximum (MAX) och minimum (MIN) värdena samt MAX - MIN värde (TIR) under mätningen.



#### Toleransinställning

Toleransgränser kan lagras på ett flertal displayenheter för automatisk indikering om mätvärdet ligger inom eller utom dessa gränser.

#### Open Collector utgång

En extern last, såsom ett relä eller en logikkrets, kan drivas från kollektoranslutningen på en intern transistor vilken själv styrs av t ex toleransbedömnings resultat.

#### Reläutgång

Kontaktsignal som skickar ut status för öppen/stängd.

#### Digimaticformat

Ett signalformat för anslutning av mätdon med datautgång till olika Mitutoyo dataprocessorenheter. Detta möjliggör anslutning till Digimatic Miniprocessor DP-1VR för att utföra olika statistiska beräkningar och skapa histogram etc.

#### BCD utgång

Ett system för att överföra data i binärkodad decimalform.

#### RS-232C utgång

Ett seriellt kommunikationsgränssnitt i vilket data kan överföras dubbelriktat under EIA standarderna.

För överföringsprocedurerna, se specifikationerna för varje enskilt mätmon.

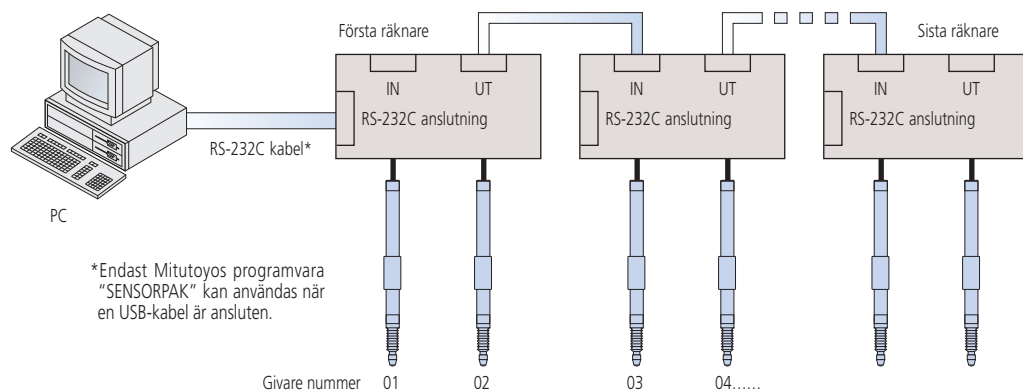
**RS Link-funktion** Möjliggör multipunktsmätning genom anslutning av flera EH- eller EV-räknare med RS Link kablar.

■ **RS Link för EH-räknare**

Det är möjligt att ansluta upp till 10 räknare och hantera upp till 20 kanalers multipunktsmätning samtidigt.

För denna uppkoppling används en anpassad RS Link kabel **Nr. 02ADD950** (0,5 m), **Nr. 936937** (1 m) eller **Nr. 965014** (2 m).

(Den totala tillåtna längden RS Link kablar för hela systemet är upp till 10 m.)



\*Endast Mitutoyos programvara "SENSORPAK" kan användas när en USB-kabel är ansluten.

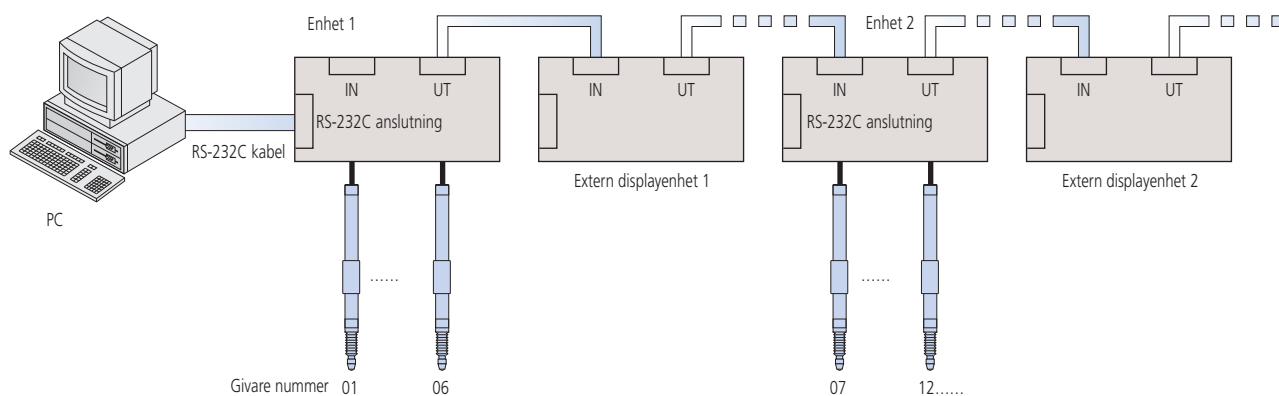
■ **RS Link för EV-räknare**

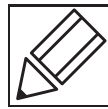
Det är möjligt att ansluta upp till 10\* räknare och hantera upp till 60 kanalers multipunktsmätning samtidigt.

För denna uppkoppling används en anpassad RS Link kabel **Nr. 02ADD950** (0,5 m), **Nr. 936937** (1 m) eller **Nr. 965014** (2 m).

(Den totala tillåtna längden RS Link kablar för hela systemet är upp till 10 m.)

\* Det maximala antalet räknare som kan anslutas är begränsat till 6 (sex) om en EH-räknare ingår i kedjan.





### Kompatibilitet

Din Laser Scan Mikrometer är injusterad tillsammans med ID-enheten som levereras med mätenheten. ID-enheten, som har både samma artikelnummer och serienummer som mätenheten, måste installeras i displayenheten. Det innebär att om ID-enheten flyttas, kan mätenheten anslutas till en annan motsvarande displayenhet.

### Arbetsstycket och mätförutsättningar

Beroende på om laserstrålen är synlig eller osynlig, arbetsstyckets form och dess ytstruktur, kan dessa faktorer resultera i mätfel. Om detta uppstår, utför kalibrering med en master som har samma dimensioner, form och ytstruktur som det arbetsstycke som ska mätas.

Om mätvärdena har för stor spridning på grund av mätförutsättningarna, öka antalet scannningar för medelvärde för att förbättra mätnoggrannheten.

### Elektrisk störning

För att undvika driftstörningar, dra inte signalkabeln eller mätenhetens anslutningskabel längs en högspänningskabel eller en annan kabel som kan alstra brusström i närliggande ledare. Jorda alla ingående enheter och kabelskärmar.

### Anslutning till dator

Om Laser Scan Mikrometern ska anslutas till en extern PC via RS-232C gränssnittet, kontrollera att kabelanslutningarna överensstämmer med specifikationen.

### Lasersäkerhet

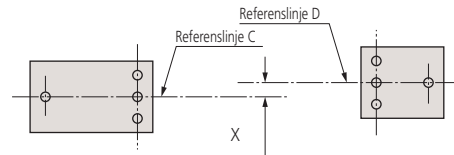
För mätning använder Mitutoyos Laser Scan Mikrometrar en synlig lågeffektslaser. Lasern är en CLASS 2 EN/IEC60825-1 (2007) utrustning. Laser Scan Mikrometern är försedd med alla varnings- och instruktionsskyltar som krävs.

### Återmontering efter lossning från basplattan

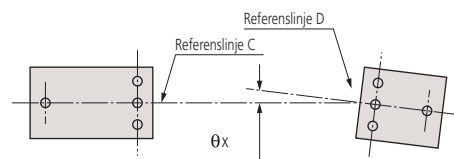
Observera följande gränser när du återmonterar sändarenheten och mottagarenheten för att minimera mätfel på grund av att laserns optiska axel inte linjerar med mottagarenhetens axel.

#### Uppriktning i det horisontella planet

- a. Parallell avvikelse mellan referenslinjerna C och D: X (i tvärgående riktning)

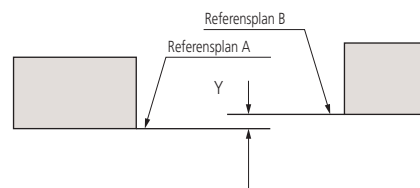


- b. Vinkel mellan referenslinjerna C och D:  $\theta_x$  (vinkel)

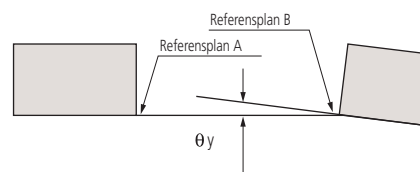


#### Uppriktning i det vertikala planet

- c. Parallell avvikelse mellan referensplanen A och B: Y (i höjd)



- d. Vinkel mellan referensplanen A och B:  $\theta_y$  (vinkel)

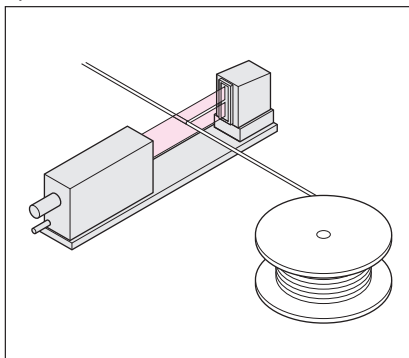


### Gränsvärden för den optiska axelns förskjutning

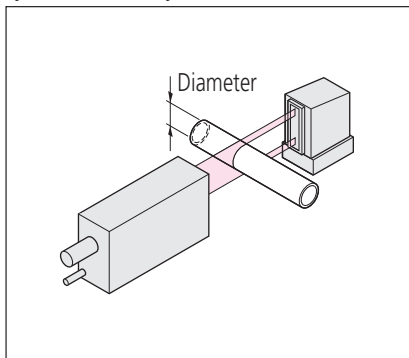
| Modell   | Avstånd mellan sändarenheten och mottagarenheten | X och Y            | $\theta_x$ och $\theta_y$ |
|----------|--------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| LSM-501S | 68 mm ( 2.68" ) eller mindre                     | Inom 0,5 mm (.02") | Inom 0,4° (7 mrad)        |
|          | 100 mm ( 3.94" ) eller mindre                    | Inom 0,5 mm (.02") | Inom 0,3° (5,2 mrad)      |
| LSM-503S | 130 mm ( 5.12" ) eller mindre                    | Inom 1 mm (.04")   | Inom 0,4° (7 mrad)        |
|          | 350 mm (13.78" ) eller mindre                    | Inom 1 mm (.04")   | Inom 0,16° (2,8 mrad)     |
| LSM-506S | 273 mm (10.75" ) eller mindre                    | Inom 1 mm (.04")   | Inom 0,2° (3,5 mrad)      |
|          | 700 mm (27.56" ) eller mindre                    | Inom 1 mm (.04")   | Inom 0,08° (1,4 mrad)     |
| LSM-512S | 321 mm (12.64" ) eller mindre                    | Inom 1 mm (.04")   | Inom 0,18° (3,6 mrad)     |
|          | 700 mm (27.56" ) eller mindre                    | Inom 1 mm (.04")   | Inom 0,08° (1,4 mrad)     |
| LSM-516S | 800 mm (31.50" ) eller mindre                    | Inom 1 mm (.04")   | Inom 0,09° (1,6 mrad)     |

## ■ Användningsexempel

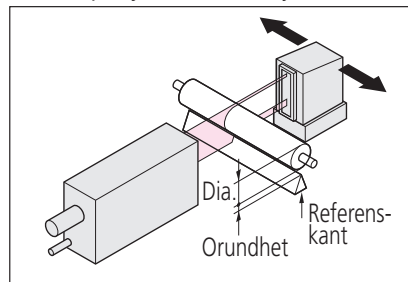
Kontinuerlig mätning av diameter på optisk fiber eller tråd



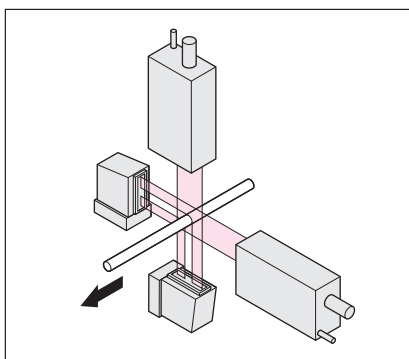
Mätning av utvärdig diameter på cylindriska detaljer



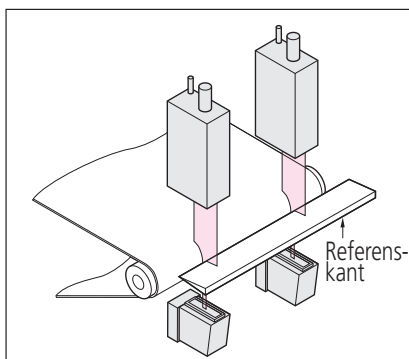
Mätning av utvärdig diameter och ovalitet på cylindriska detaljer



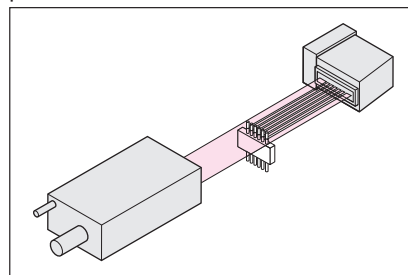
Mätning i X- och Y-led av kabel eller fibrer



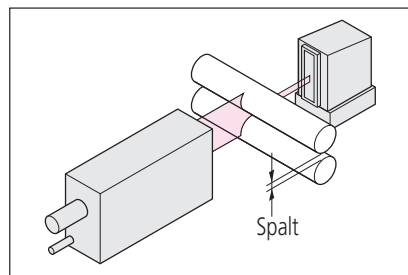
Mätning av tjocklek på t ex film eller folie



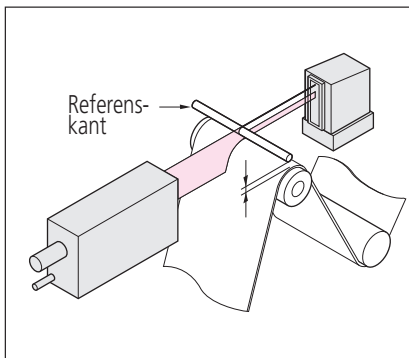
Mätning av avstånd mellan kontakter på IC-krets



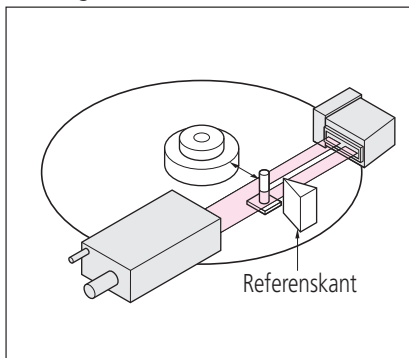
Mätning av avstånd mellan valsar



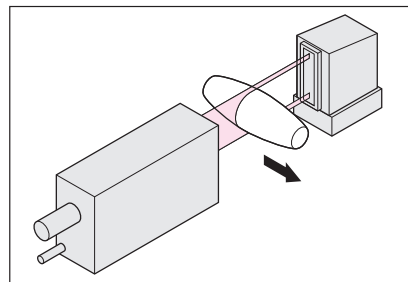
Mätning av tjocklek på film



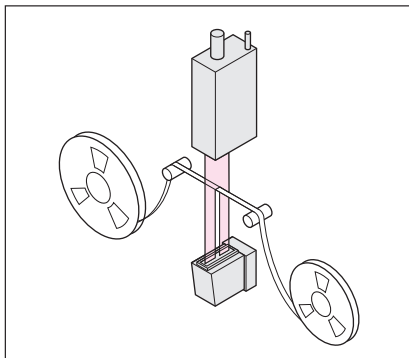
Mätning av läshuvudets rörelse på laser- och magnetskivor



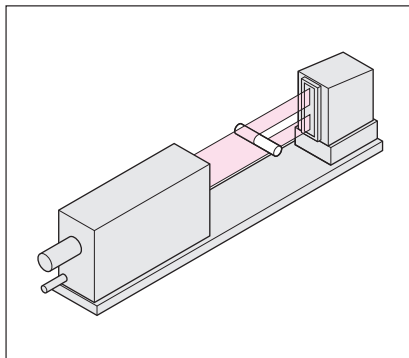
Mätning av form



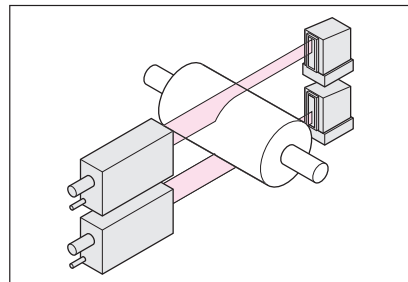
Mätning av tejpbredd

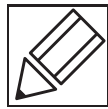


Mätning av utvärdig diameter på optiska kontaktdon och beslag



Dubbelt system för mätning av stora utvärdiga diametrar





### Tester för utvärdering av Linear Scales

#### 1. Provning inom arbetstemperaturens område

Bekräftar att enheten inte uppvisar någon nedsatt prestanda inom arbetstemperaturens område och att dataöverföringen överensstämmer med standarden.

#### 2. Temperaturcykel (dynamiska egenskaper)

Bekräftar att enheten inte uppvisar någon nedsatt prestanda under en temperaturcykel vid användande och att dataöverföringen överensstämmer med standarden.

#### 3. Vibrationstest (sveptest)

Bekräftar att enheten inte uppvisar någon nedsatt prestanda när den utsätts för vibrationer inom frekvensområdet 30 till 300 Hz med en maximal acceleration på  $3g_n$ .

#### 4. Vibrationstest (accelerationstest)

Bekräftar att enheten inte uppvisar någon nedsatt prestanda orsakad av vibrationer vid en specifik, icke-resonant frekvens.

#### 5. Störningstest

Testet överensstämmer med EMC-direktivet EN61326-1+A1:1998.

#### 6. Transportskadetest

Testet överensstämmer med JISZ0200 (test av skydd för tappat tungt gods)

## Ordlista

### ■ Absolutsystem

Måtläge i vilket varje enskild uppmätt punkt är relativ till en fast nollpunkt.

### ■ Inkrementalsystem

Måtläge i vilket varje enskild uppmätt punkt är relativ till en specifik lagrad referenspunkt.

### ■ Nollpunktsoffset

En funktion som möjliggör att ett koordinatsystems nollpunkt förskjuts till en annan punkt än den fasta nollpunkten. För att denna funktion ska fungera krävs en permanent lagrad nollpunkt.

### ■ Återställning av nollpunkten

En funktion som stoppar maskinens alla axlar exakt i en position som är specifik för maskinen med hjälp av de integrerade gränslägesbrytarna.

### ■ Sekvensstyrning

En typ av styrning som sekventiellt utför styrning i steg enligt en förutbestämd ordning.

### ■ Numerisk styrning

Ett sätt att styra maskinens rörelser genom kodade kommandon som skapats och implementerats i dator (CNC). En sekvens av kommandon skapar ett detaljprogram som instruerar maskinen att utföra en hel bearbetning av ett arbetsstycke.

### ■ Binär utgång

Avser dataöverföring i binär form (ettor och nollor) som representerar siffror som heltal i kvadrat.

### ■ RS-232C

En gränssnittstandard som använder en asynkron metod av seriella dataöverföringar över en obalanserad avstämd matarledning för dataöverföring mellan sändare som är belägna relativt nära varandra. Det är en metod för kommunikation som huvudsakligen används för att ansluta en PC till kringutrustning.

### ■ Drivstegsutgång

Denna utgång präglas av hög överföringshastighet på tiotals till flera hundratals nanosekunder och en relativt lång överföringssträcka på flera hundra meter. Ett differentialvoltmeters drivsteg (RS422A-kompatibelt) används som ett gränssnitt till NC-styrningen i Linear Scale-systemet.

### ■ BCD

En sätt att uttrycka siffrorna 0 till 9 för varje siffra i ett decimaltal med hjälp av fyra bitars binär sekvens. Dataöverföringen är en enkelriktad utgång genom TTL eller open collector.

### ■ RS-422

En gränssnittstandard som använder seriell överföring av bitar i differentiell form över en balanserad överföringsledning. RS-422 är överlägsen i dess egenskaper för dataöverföring och i dess förmåga att arbeta med endast en enda strömförsörjning på +5 V.

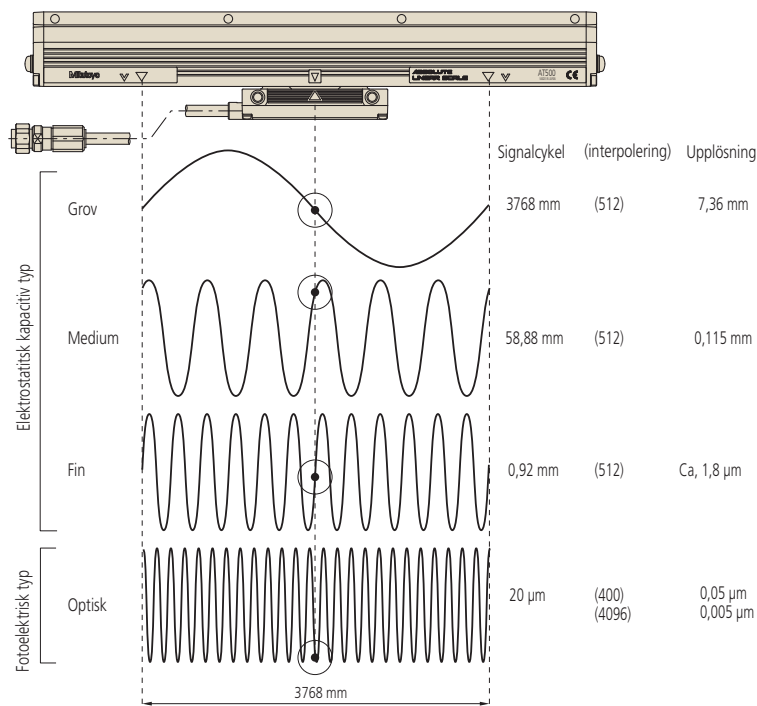
### ■ Noggrannhet

Noggrannhetsspecifikation för en skala anges i termer av det maximala felet som kan förväntas mellan de visade och verkliga positionerna, var som helst, inom skalans område, vid en temperatur på 20 ° C. Eftersom det inte finns någon internationell standard definierad för skalenheter, har varje tillverkare ett eget sätt att ange noggrannhet. Noggrannhetsspecifikationerna som anges i vår katalog har fastställts med hjälp av laser-interferometri.

### ■ Noggrannhet i närområdet

Skaldelningen är normalt 20 µm på en skalenhet, men det varierar beroende på vilken typ av skala det är. Noggrannheten i närområdet avser noggrannheten som bestäms genom mätning av en delning av varje gradering vid högsta upplösningen (t ex 1 µm).

## ■ Principen för Absolute Linear Scale (exempel: AT300, 500-S/H)

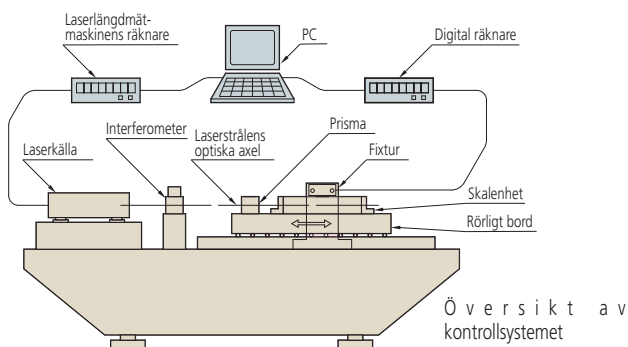


Efter att spänning lagts på linjärskalan, tas positionsavläsningarna från tre underskalor av kapacitiv typ (grov, medium och fin) och en från en fotoelektrisk (optisk) underskala. Dessa underskalor är en kombination av stigningar, och är så placerade i förhållande till varandra, att avläsningarna i vilken position som helst bildar en unik uppsättning och låter en mikroprocessor beräkna läshuvudets position på skalan med en upplösning på 0,05 µm (0,005 µm).

## ■ Specificerande av noggrannheten för Linear Scale

### Positionell visningsnoggrannhet

Noggrannheten hos en linjär skala bestäms genom att jämföra det positionella värdet som anges av skalan med motsvarande värde från en laserlängdmätmaskin med jämna mellanrum, med hjälp av nedanstående system för kontroll av noggrannheten. Eftersom temperaturen vid kontrolltillfället är +20°C, gäller skalans noggrannhet endast i en miljö som håller samma temperatur. Andra temperaturer kan användas för att följa interna standarder.



Noggrannheten för skalan vid varje punkt är definierad i termer av ett felvärde som är beräknat med hjälp av följande formel:

**Fel = Värdet som visas av skalan**  
– motsvarande värde från laserkontrollsystemet

En graf i vilken felet vid varje punkt i det effektiva positioneringsområdet ritas kallas ett noggrannhetsdiagram.

Det finns två metoder som används för att ange noggrannheten för en skala; obalanserad eller balanserad, som beskrivs nedan.

### (1) Obalanserad noggrannhetsspecifikation - största felet minus det minsta felet

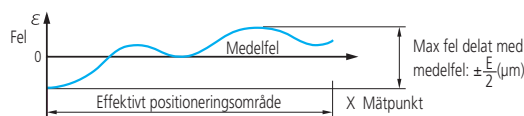
Denna metod specificerar bara det största felet minus det minsta baserat på noggrannhetsdiagrammet, som beskrivs nedan. Formeln är:  $E = (\alpha + \beta L) \mu\text{m}$ . L är det effektiva mätområdet (mm), och  $\alpha$  och  $\beta$  är faktorer specifika för varje modell.

Exempel, om en speciell typ av skala har en noggrannhets-specifikation på  $(3 + \frac{3L}{1000}) \mu\text{m}$  och ett effektivt mätområde på 1000 mm, är  $E = 6 \mu\text{m}$ .



### (2) Balanserad noggrannhetsspecifikation - plus och minus från medelfelet

Denna metod specificerar maxfelet relativt till medelfelet från noggrannhetsdiagrammet. Formeln är:  $e = \pm \frac{E}{2} (\mu\text{m})$ . Metoden används mest i specifikationerna för separata (eftermonterade) skalor.

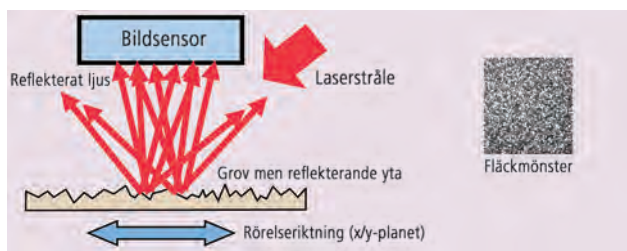


En linjärskala registrerar en förflyttning baserad på graderingar i en konstant stigning. Två-fas sinusformade signaler med samma stigning som graderingarna erhålls genom denna registrering. Interpolering av dessa signaler i den elektriska kretsen gör det möjligt att läsa ett värde som är mindre än graderingen genom att generera pulssignaler som motsvarar den önskade upplösningen. Till exempel, om graderingens stigning är 20 µm, kan interpolerade värden generera en upplösning på 1 µm. Noggrannheten i denna behandling är dock inte felfri och kallas interpolerad noggrannhet. Linjärskalans specifikation för den totala positioneringsnoggrannheten beror både på graderingens stigningsfel och den interpolerade noggrannheten.

## Bildkorrelation och MICSYS tvådimensionell omkodare

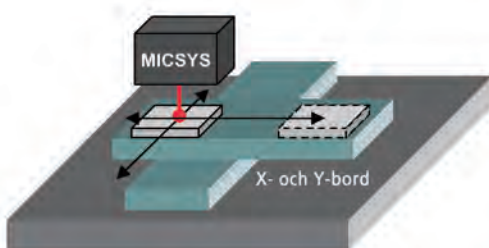
### Principen för mätning

När ett objekt med grov yta bestrålas med en laserstråle, sprids det reflekterade ljuset koherent från ytan och skapar en synlig interferens i form av ett fläckmönster. När objektet förflyttas i xy-planet, rör sig också fläckmönstret. Förflyttningen av objektet kan beräknas genom att jämföra, med bildkorrelation, bilderna på fläckmönstret som erhöles före och efter förflyttningen, och det är denna princip som används i det högnoggranna MICSYS mätsystemet.

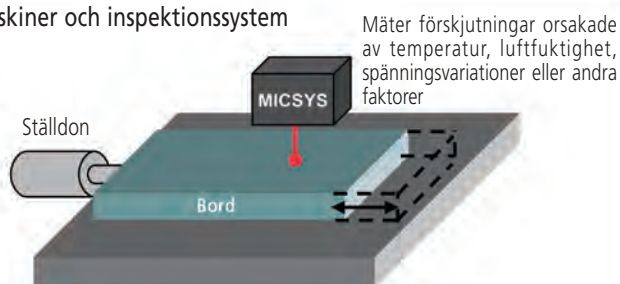


### Avvärdningsexempel

#### 1. Utvärdering av bord som används i bearbetningsmaskiner och inspektionssystem

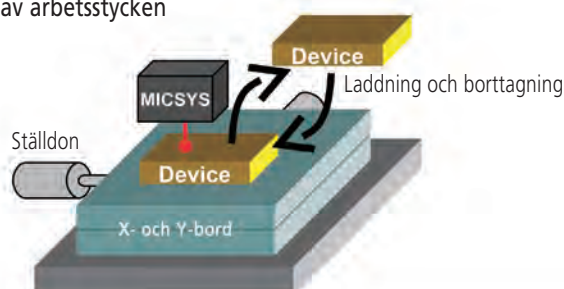


a) Utvärdering av positionsrepetering

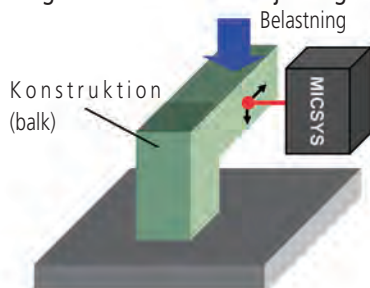


b) Utvärdering av stabilitet och avdrift vid stillastående

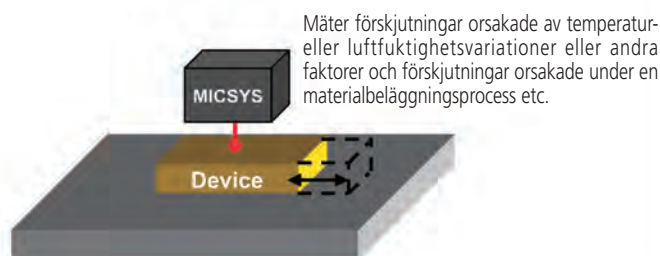
#### 2. Högnoggrann positionering av arbetsstycken



#### 3. Mätning av extremt små förskjutningar



a) Mätning av mycket små rörelser i en konstruktion

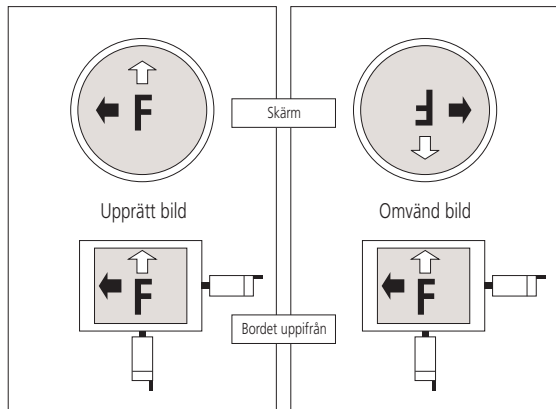


b) Mätning av en detaljs extremt små förskjutningar



### Upprätt och omvänd projicering

En bild av ett objekt som projiceras på en skärm är **upprätt** om den är orienterad på samma sätt som föremålet på bordet. Om bilden är spegelvänd uppför och ned, vänster till höger och även vid förflyttning i förhållande till objektet på bordet (såsom visas i figuren nedan) benämns den **inverterad bild** (även kallat **omvänd bild**, vilket troligen är mer riktigt).



F Arbetsstycke  
 ↔ Förflyttning i X-axeln  
 ↕ Förflyttning i Y-axeln

### Förstoringsnoggrannhet

Förstoringsnoggrannheten hos en projektor, när man använder en specifik lins, avläses genom att projicera en bild av en referensdetalj och jämföra dimensionen på bilden av denna detalj, mätt på skärmen, med den förväntade dimensionen (beräknat från objektivets angivna förstoring). På så sätt kan man få fram en procentuell förstöringsnoggrannhet, vilket illustreras nedan. Referensdetaljen är oftast i form av en liten, graderad glasskala och den projicerade bilden av denna mäts med en större glasskala.

(Notera att förstöringsnoggrannhet inte är detsamma som mättnoggrannhet.)

$$\Delta M(\%) = \frac{L - \ell M}{\ell M} \times 100$$

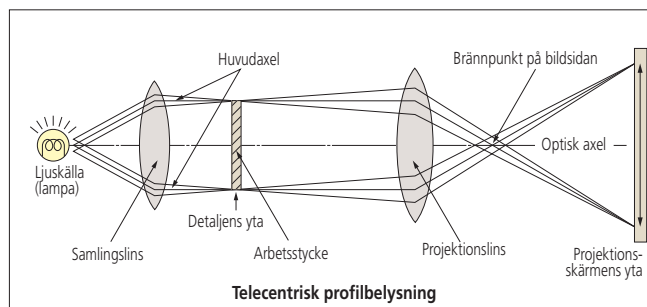
$\Delta M(\%)$ : Förstoringsnoggrannheten uttryckt som en procentsats av den nominella linsförstoringen  
 L: Längden på den projicerade bilden av referensdetaljen mätt på skärmen  
 $\ell$ : Längden på referensdetaljen  
 M: Projektionslinsens förstoring

### Typ av belysning

- **Profilbelysning**: En belysningsmetod för att observera ett arbetsstycke i genomlysning och används främst för att mäta den förstörade konturbilden av ett arbetsstycke.
- **Påfallande belysning**: En belysningsmetod varigenom ett arbetsstycke belyses med ljus som överförs koaxiellt med linsen för observation eller mätning av ytan. (En halvspegel eller en projektionslins med en inbyggd halvspegel krävs.)
- **Snedställd belysning**: En metod för belysning genom att snett belysa arbetsstyckets yta. Denna metod ger en bild med förstärkt kontrast, så att den kan observeras tredimensionellt och tydligt. Observera dock att ett fel kan uppstå vid dimensionsmätning med denna belysningsmetod. (En vinklad spegel krävs. Modellerna i PJ-H30-serien är utrustade med en sådan.)

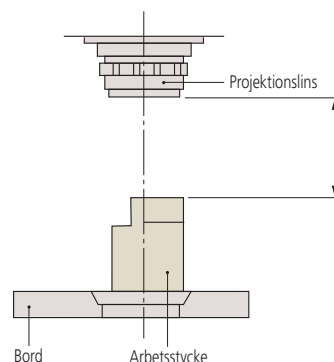
### Telecentriskt optiskt system

Ett optiskt system baserat på principen att huvudaxeln är inriktad parallellt med den optiska axeln genom att placera ett aperturstopp på bildsidans brännpunkt. Funktionen är att bilden inte kommer att variera i storlek även om bilden blir suddig när objektet flyttas längs den optiska axeln. I mätprojektorer och mätmikroskop uppnås en identisk effekt genom att placera en ljuskälla vid samlingslinsens brännpunkt i stället för ett aperturstopp så att objektet belyses med parallella strålar. (Se figuren nedan.)



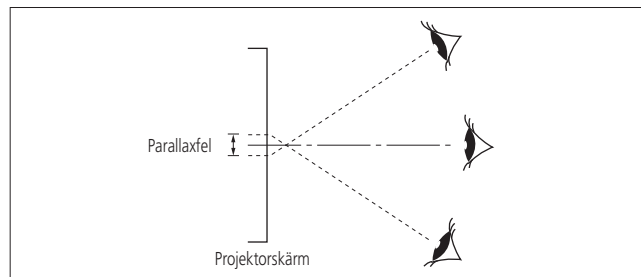
### Arbetsavstånd

Avser avståndet från projektionslinsens yta till arbetsstyckets yta i fokus. Det representeras av L i diagrammet nedan.



### Parallaxfel

Detta är förskjutningen av ett objekt mot en fast bakgrund som orsakas av en förändring i observatörens position och en avgränsad separation av objekt och bakomliggande plan.



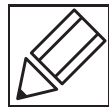
### Bildfältsdiameter

Arbetsstyckets maximala diameter som kan projiceras med en specifik lins.

$$\text{Bildfältsdiameter (mm)} = \frac{\text{Profilprojektorns skärmdiameter}}{\text{Projektionslinsens förstoring}}$$

Exempel: En lins med 5X förstoring används i en projektor med  $\varnothing 500$  mm skärm:

$$\text{Bildfältsdiameteren beräknas enl. } \frac{500 \text{ mm}}{5} = 100 \text{ mm}$$



### Numerisk apertur (NA)

NA-värdet är viktigt eftersom det indikerar objektivlinsens upplösningsförmåga. Ju högre NA-värde, desto finare detaljer som kan ses. En lins med en större NA samlar också mer ljus och kommer normalt att ge en ljusare bild med en smalare skärpedjup än en med ett mindre NA-värde.

$$NA = n \cdot \sin \theta$$

Formeln ovan visar att NA är beroende på  $n$ , brytningsindex av mediet som finns mellan framsidan av objektivet och detaljen (för luft  $n = 1,0$ ), och vinkeln  $\theta$ , som är halvvinkeln av den maximala ljuskon som kan komma in i linsen.

### Upplösningsförmåga (R)

Det minsta avläsbara avståndet mellan två bildpunkter, representerar gränsen för upplösningen. Upplösningsförmågan (R) bestäms genom numerisk apertur (NA) och belysningens våglängd ( $\lambda$ ).

$$R = \frac{\lambda}{2 \cdot NA} \quad (\mu\text{m})$$

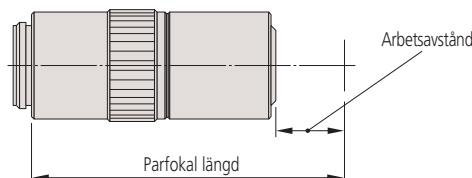
$\lambda = 0,55 \mu\text{m}$  används ofta som referensvåglängd

### Arbetsavstånd (W.D.)

Avståndet mellan framkanten på mikroskopets objektiv och ytan på arbetsstycket vid vilken den skarpaste fokusering erhålles.

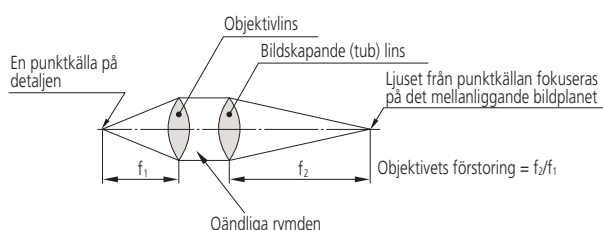
### Parfokal längd

Avståndet mellan infästningen på mikroskopets objektiv och arbetsstyckets yta vid vilken den skarpaste fokusering erhålles. Objektivlinser som monterade tillsammans i ett revolverhuvud bör ha samma parfokal längd så att minsta möjliga omfokusering krävs när man skiftar till ett annat objektiv.



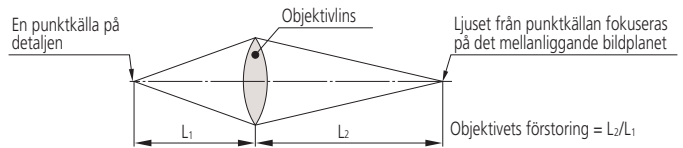
### Oändligt optiskt system

Ett optiskt system där objektivet skapar en bild i oändligheten och en tublins placeras inuti tubkroppen mellan objektivet och okulalet för att producera den mellanliggande bilden. Efter att ha passerat genom objektivet färdas ljuset effektivt parallellt med den optiska axeln till tublinsen genom den så kallade "oändliga rymden" där hjälpkomponenter kan placeras, såsom prismor för differentiell interferenskontrast (DIC), polarisatorer, etc, med minimal effekt på fokus och korrigering för aberration.



### Ändligt optiskt system

Ett optiskt system som använder ett objektiv för att bilda den mellanliggande bilden vid en ändlig läge. Ljus från arbetsstycket som passerar genom objektivet riktas mot det mellanliggande bildplanet (belägen vid det främre fokalplanet av okulalet) och konvergerar i detta plan.



### Brännvidd (f)

Enhet: mm

Avståndet från punktkällan till linsens fokalpunkt: Om  $f_1$  representerar objektivets brännvidd och  $f_2$  representerar brännvidden för en bildformande (rör) lins bestäms förstoringen av förhållandet mellan de två. (Gäller för ett oändlighetskorrigande optiskt system.)

$$\text{Objektivförstoring} = \frac{\text{Den bildformande (rör) linsens brännvidd}}{\text{Objektivets brännvidd}}$$

$$\text{Exempel: } 1X = \frac{200}{200} \quad \text{Exempel: } 10X = \frac{200}{20}$$

### Brännpunkt

Ljusstrålar som färdas parallellt med den optiska axeln i ett konvergerande linsystem och som passerar genom detta system, kommer att konvergera (eller fokuseras) till en punkt på axeln som kallas bakre brännpunkt, eller bildbrännpunkten.

### Fokuseringsdjup (DOF)

Enhet: mm

Även känt som "skärpedjup", är detta avståndet (mätt i riktningen för den optiska axeln) mellan de två planen som definierar gränserna för acceptabel bildskärpa när mikroskopet är fokuserat på ett föremål. Eftersom den numeriska aperturen (NA) ökar, blir fokuseringsdjupet grundare, vilket framgår av förklaringen nedan:

$$DOF = \frac{\lambda}{2 \cdot (NA)^2} \quad \lambda = 0,55 \mu\text{m} \text{ används ofta som referensvåglängd}$$

Exempel: För en **M Plan Apo 100X** lins ( $NA = 0.7$ )

Fokuseringsdjupet för detta objektiv är

$$\frac{0.55 \mu\text{m}}{2 \times 0.7^2} = 0,6 \mu\text{m}$$

### Ljusfälts- och mörkfältbelysning

I ljusfältsbelysning fokuseras en hel ljuskon av objektivet på detaljens yta. Detta är det normala läget för visning med ett optiskt mikroskop. Med mörkfältsbelysning, är det inre området av ljuskonen blockerat så att ytan endast belyses av ljus från en sned vinkel. Mörkfältsbelysning är användbar för att upptäcka ytliga repor och smuts.

### Apokromatiskt och akromatiskt objektiv

Ett apokromatiskt objektiv är en lins korrigerad för kromatisk aberration (färgoskärpa) i tre grundfärger (rött, blått och gult).

Ett akromatiskt objektiv är en lins korrigerad för kromatisk aberration i två grundfärger (rött, blått).

## Förstoring

Förhållandet mellan storleken på en förstord bild av objektet, som skapats av ett optiskt system, och objektets verkliga storlek. Förstoring hänvisar ofta till sidledes förstoring men det kan även betyda i höjdlid eller vinklad förstoring.

## Huvudaxel

En stråle som sänds från en punkt vid sidan om den optiska axeln och passerar genom centrum av en bländare i ett linssystem.

## Bländare

En justerbar, rund bländaröppning som styr mängden ljus som passerar genom ett linssystem. Det kallas också aperturstopp och dess storlek påverkar bildens ljusstyrka och skärpedjup.

## Fältstopp

Den fysiska öppning som begränsar synfältet i ett optiskt instrument.

## Telecentriskt system

Ett optiskt system där ljusstrålarna är parallella med den optiska axeln i objekts- och / eller bildrymden. Detta betyder att förstoringen är nästan konstant över olika arbetsavstånd, och därmed nästan eliminerar perspektivfel.

## Upprätt bild

En bild som är orienterad (vänster, höger, upp, ner) och har samma rörelseriktningar som ett arbetsstycke på bordet.

## Synfält (FN), verkligt synfält och bildskärmsförstoring

Enhet: mm

Det område av detaljens yta som kan observeras bestäms av diametern på okularets fältstopp. Värdet av denna diameter i millimeter kallas synfältet (FN). I motsats, är det verkliga synfältet området på detaljens yta när det faktiskt förstordes och observerades med objektivlinsen. Den verkliga synfältet kan beräknas med följande formel:

### (1) Området på arbetsstycket som kan observeras med mikroskopet (diameter)

$$\text{Verkligt synfält} = \frac{\text{Okularets FN}}{\text{Objektivlinsens förstoring}}$$

$$\text{Exempel: Verkliga synfältet för en 1X lins är } 24 = \frac{24}{1}$$

$$\text{Verkliga synfältet för en 10X lins är } 2.4 = \frac{24}{10}$$

### (2) Bildskärmens observationsområde

$$\text{Observationsområde} = \frac{\text{Storlek på kamerans bildsensor (diagonal längd)}}{\text{Objektivlinsens förstoring}}$$

#### ● Bildsensorns storlek

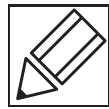
| Format          | Diagonal längd | Längd | Höjd |
|-----------------|----------------|-------|------|
| 0,847 cm / 1/3" | 6.0            | 4.8   | 3.6  |
| 1,270 cm / 1/2" | 8.0            | 6.4   | 4.8  |
| 1,693 cm / 2/3" | 11.0           | 8.8   | 6.6  |

### (3) Bildskärmsförstoring

Bildskärmsförstoring =

$$\text{Objektivlinsens förstoring} \times \frac{\text{Skärmen diagonala bildyta}}{\text{Diagonala längden på kamerans bildsensor}}$$

# Snabbguide till precisionsmätdon



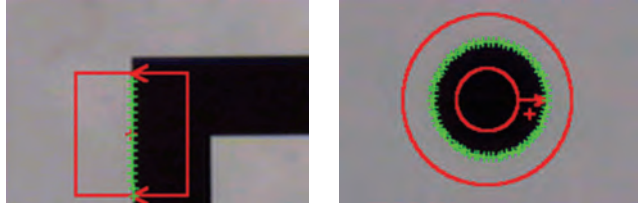
## Visionmätssystem

### Visionmätning

Visionmätmaskiner erbjuder normalt följande bearbetnings-möjligheter

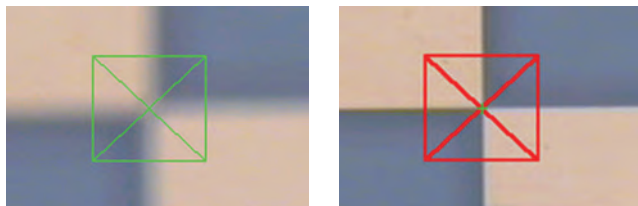
#### Kantavkänning

Identifierar/mäter kanter i XY-planet



#### Automatisk fokusering

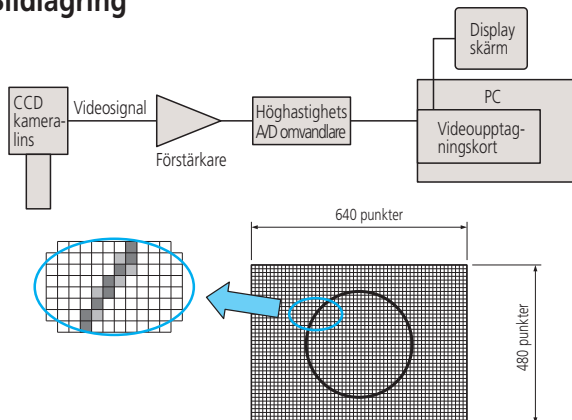
Fokusering och mätning i Z-led



#### Mönsterigenkänning

Uppriktning, positionering och kontroll av en detalj

### Bildlagring

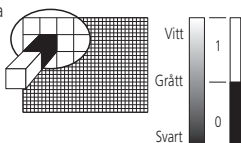


En bild består av en regelbunden uppsättning av bildpunkter. Detta är på samma sätt som en bild som plottas på fint papper med varje enskild ruta fylld eller ofylld.

### Gråskala

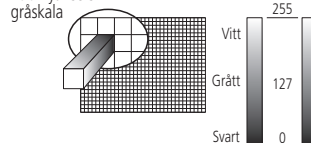
En dator lagrar en bild efter att först omvandla den till numeriska värden. Ett numeriskt värde tilldelas varje bildpunkt i en bild. Bildkvaliteten varierar beroende på hur många nivåer av gråskala som definieras av de numeriska värdena. Datorn ger två typer av gråskala: tvåstegs och flerstegs. Bildpunkterna i en bild visas normalt som 256 nyansers gråskala.

2-stegs gråskala



Bildpunkterna i en bild ljusare än en given nivå visas som vitt och alla andra bildpunkter visas som svart.

256 nyansers gråskala



Varje bildpunkt visas som en av 256 nyanser mellan svart och vitt. Detta gör att bilderna visas mer naturtroget.

### Skillnader i bildkvalitet

Skillnaden mellan bilder i tvåstegs respektive 256 nyansers gråskala



Exempelbild visad i tvåstegs gråskala

Exempelbild visad i 256 nyansers gråskala

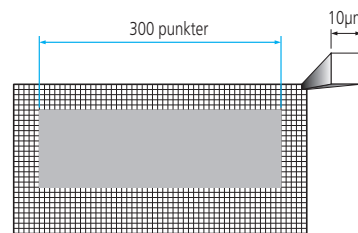
### Variation i bilder beroende på tröskelnivåer



Dessa tre bilder är samma bild som visas som tvåstegs gråskala vid olika gränsvärden (tröskelnivåer). I en tvåstegs gråskalebild produceras olika bilder, enligt ovan, på grund av olika tröskelnivåer. Därför används inte tvåstegs gråskala för högprecisions visionmätning eftersom de numeriska värdena kommer att ändras beroende på vilken tröskelnivå som är inställd.

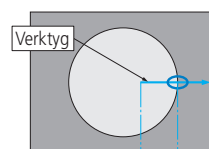
### Dimensionsmätning

En bild består av punkter ("pixlar"). Om man räknar antalet bildpunkter i en sektion som skall mätas och multiplicerar med storleken på en bildpunkt, kan sektionens längd omvandlas till ett numeriskt värde. Som exempel, anta att det totala antalet bildpunkter på bredden av ett fyrkantigt arbetsstycke är 300 pixlar, såsom visas i figuren nedan. Om storleken på en pixel är 10 µm vid bildförstoring, är den totala längden på arbetsstycket som ges av  $10 \mu\text{m} \times 300 \text{ pixlar} = 3000 \mu\text{m} = 3 \text{ mm}$ .



### Kantavkänning

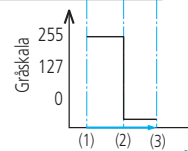
Hur man identifierar ett arbetsstyckes kant i en bild beskrivs med hjälp av följande svartvita bild som ett exempel. Kantavkänning utförs inom ett givet område. En symbol som visuellt definierar detta område kallas ett verktyg. Ett antal verktyg finns för att passa olika arbetsstyckens geometrier eller mätdata.



Kantavkänningssystemet skannar av verktygets område, som visas på bilden till vänster, och identifierar gränsen mellan ljus och skugga.

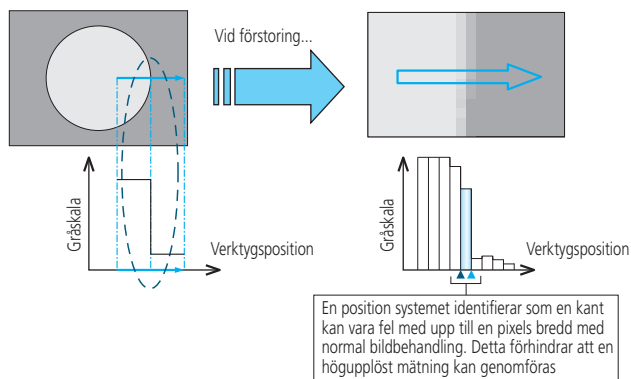
|     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |
|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| 244 | 241 | 220 | 193 | 97 | 76 | 67 | 52 | 53 | 53 |
| 243 | 242 | 220 | 195 | 94 | 73 | 66 | 54 | 53 | 55 |
| 244 | 246 | 220 | 195 | 94 | 75 | 64 | 56 | 51 | 50 |

Exempel på numeriska värden tilldelade pixlar på verktyget



- (1) Scanning startposition
- (2) Kantavkänningsposition
- (3) Scanning slutposition

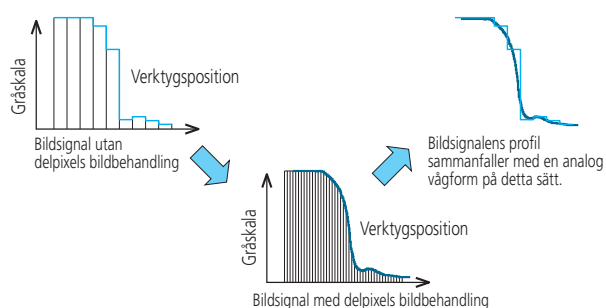
## Högupplöst mätning



För att öka noggrannheten vid kantavkänning, används bildbehandling på delpixelnivå.

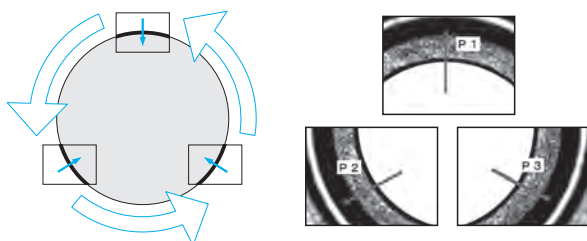
En kant identifieras genom bestämning av en interpolerad kurva från intilliggande pixeldata, som visas nedan.

Detta möjliggör mätning med en högre upplösning än 1 pixel.

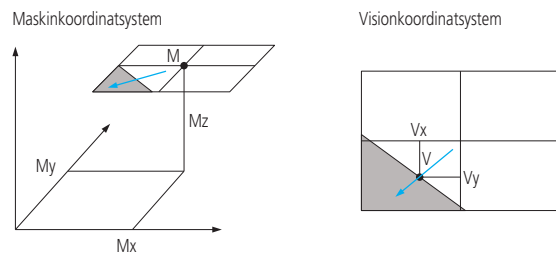


## Mätning längs flera delar av en bild

Stora sektioner o dyl som inte ryms på en skärm måste mätas genom exakt styrning av läget för CCD-sensorn och bordet för att lokalisera varje referenspunkt inom enskilda bilder. På så sätt kan systemet mäta även en stor cirkel, såsom visas nedan, genom att identifiera kanten medan bordet förflyttas över olika delar av periferin.



## Sammanstatta koordinater för en punkt



Mätmaskinens bordsposition  
 $M = (M_x, M_y, M_z)$

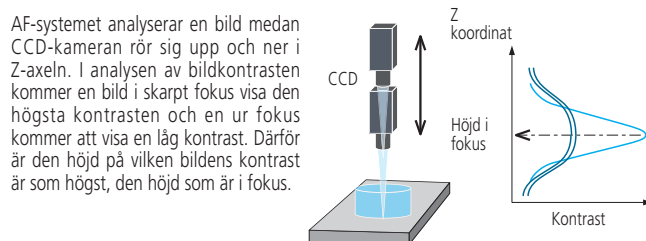
Identifierad kantposition (från centrum av bildfältet)  
 $V = (V_x, V_y)$

Faktiska koordinater ges av  $X = (M_x + V_x)$ ,  $Y = (M_y + V_y)$ , och  $Z = M_z$ , respektive.

Eftersom mätningen utförs medan enskilda uppmätta positioner lagras, kan systemet utan problem mäta dimensioner som inte kan ryms på en skärm.

## Principen för autofokus

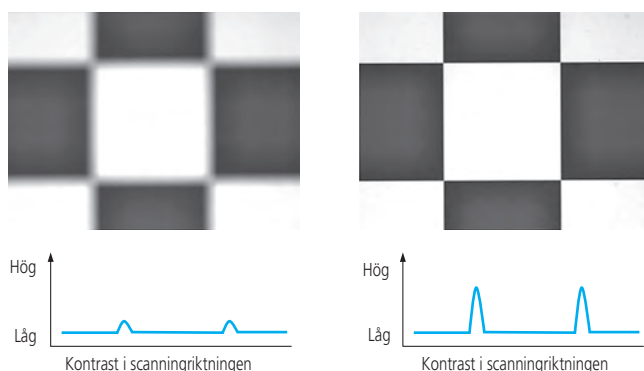
Systemet kan utföra mätning i XY-planet, men inte höjdmätning endast utifrån CCD-kamerans bild. Systemet är därför ofta försett med autofokus- (AF) funktion för höjdmätning. Följande förklarar AF-funktionen som använder en vanlig bild, även om vissa system i stället använder en autofokuslaser.



## Variation i kontrast beroende på fokuseringsförhållande

Låg kantkontrast p g a att kanterna är ur fokus.

Hög kantkontrast tack vare skarpa kanter i fokus.



# Snabbguide till precisionsmätton



## Surftest (Ytjämnhetsmätare)

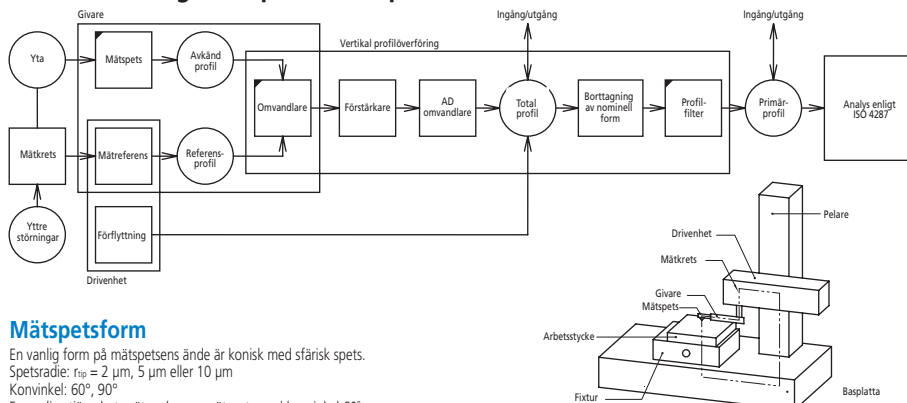
■ ISO 1302: 2002 Metod att ange ytstruktur

■ ISO 4287: 1997 Geometrisk produktspecifikation (GPS) – Ytstruktur: Profilmetod – Termer, definitioner och parametrar för ytstruktur

■ ISO 4288: 1996 Geometrisk produktspecifikation (GPS) – Ytstruktur: Profilmetod – Regler för och förfaranden vid mätning av ytjämnhet

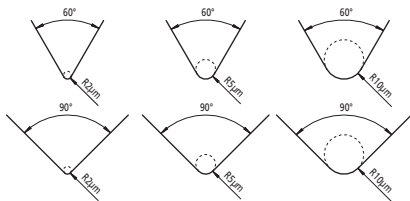
■ ISO 3274: 1996 Geometrisk produktspecifikation (GPS) – Ytstruktur: Profilmetod – Nominella egenskaper hos släpnålsinstrument

### ■ Nominella egenskaper hos släpnålsinstrument



#### Måtspetsform

En vanlig form på måtspetsens ände är konisk med sfärisk spets. Spetsradie:  $r_{sp} = 2 \mu\text{m}$ ,  $5 \mu\text{m}$  eller  $10 \mu\text{m}$   
Konvinkel:  $60^\circ$ ,  $90^\circ$   
En vanlig ytjämnhetsmätare har en måtspets med konvinkel  $60^\circ$  om inget annat anges.



#### Statistiskt mättryck

| Nominell radie på måtspetsens kurvatur: $\mu\text{m}$ | Statistiskt mättryck vid måtspetsens medelposition: $\text{mN}$ | Tolerans för variationer i det statistiska mättrycket: $\text{mN}/\mu\text{m}$ |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 2                                                     | 0.75                                                            | 0.035                                                                          |
| 5                                                     | 0.75 (4.0) Notera 1                                             | 0.2                                                                            |
| 10                                                    |                                                                 |                                                                                |

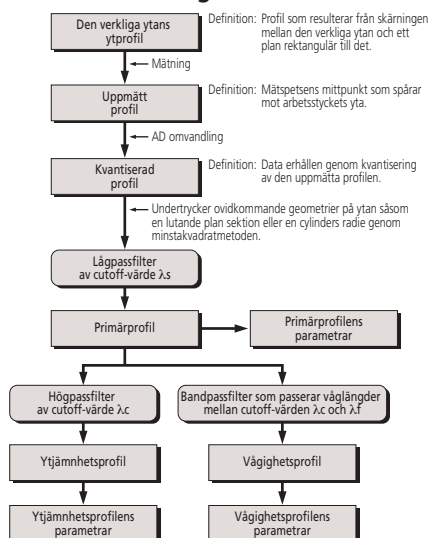
Notera 1: Det högsta värdet för det statistiska mättrycket vid måtspetsens genomsnittliga position ska vara  $4.0 \text{ mN}$  för en specialutformad givare inklusive en utbytbar måtspets.

### ■ Metrologiska egenskaper för faskorrigerade filter

ISO 11562: 1996

Ett profilerat filter är ett faskorrigerat filter utan fäsfördrojning (orsakad av profil-distorsion beroende på våglängd). Viktfunktionen hos ett faskorrigerat filter visar en normal (Gaussian) fördelning i vilken amplitudtransmissionen är 50% vid cutoff-våglängden.

### ■ Databehandlingens flöde



### Förhållandet mellan cutoff-värde och måtspetsradie

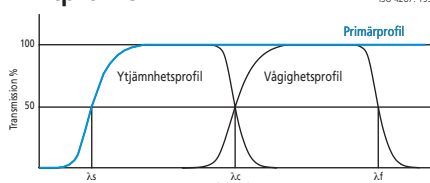
Nedanstående tabell visar förhållandet mellan ytjämnhetsprofilens cutoff-värde  $\lambda_c$ , måtspetsradie  $r_{sp}$ , och cutoff-andel  $\lambda_c/\lambda_s$ .

| $\lambda_c$ mm | $\lambda_s$ $\mu\text{m}$ | $\lambda_c/\lambda_s$ | Maximal $r_{sp}$ $\mu\text{m}$ | Maximal referenslängd mm |
|----------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 0.08           | 2.5                       | 30                    | 2                              | 0.5                      |
| 0.25           | 2.5                       | 100                   | 2                              | 0.5                      |
| 0.8            | 2.5                       | 300                   | 2 Notera 1                     | 0.5                      |
| 2.5            | 8                         | 300                   | 5 Notera 2                     | 1.5                      |
| 8              | 25                        | 300                   | 10 Notera 2                    | 5                        |

Notera 1: För en yta med  $R_a$ -värde  $> 0.5 \mu\text{m}$  eller  $R_z$ -värde  $> 3 \mu\text{m}$ , uppstår sällan något fel vid mätning även om  $r_{sp} = 5 \mu\text{m}$ .  
Notera 2: Om ett cutoff-värde  $\lambda_c$  är  $2.5 \mu\text{m}$  eller  $8 \mu\text{m}$ , uppstår dämpning av signalen p g a den mekaniska filtereffekten från en måtspets med den rekommenderade spetsradie, utanför ytjämnhetsprofilens passband. Därför påverkar inte ett litet fel i måtspetsens spetsradie eller form parametervärdena som är beräknade från mätningarna. Om det krävs en specifik cutoff-andel, måste andelen definieras.

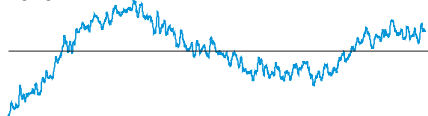
### ■ Ytprofiler

ISO 4287: 1997



#### Primärprofil

Profilen erhålls från den uppmätta ytprofilen efter användning av nedre våglängdsfiltret med cutoff-värde  $\lambda_s$ .



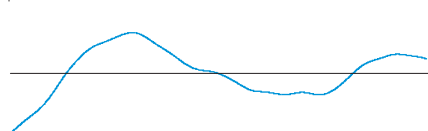
#### Ytjämnhetsprofil

Profilen härleds ur primärprofilen genom att undertrycka de långvåga komponenterna med hjälp av profilfiltret  $\lambda_c$ .



#### Vågighetsprofil

Profilen erhålls genom att undertrycka de långvåga komponenterna med hjälp av profilfiltret  $\lambda_f$  och de kortvåga komponenterna med hjälp av profilfiltret  $\lambda_c$ .

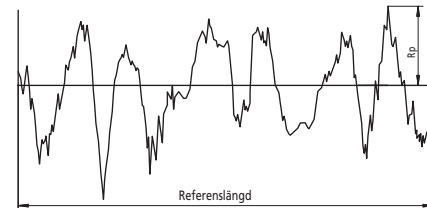


### ■ Definitioner av parametrar

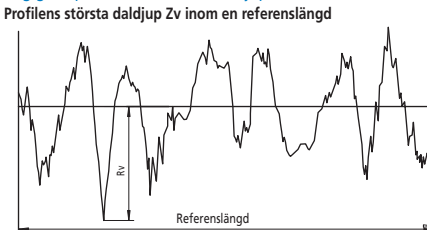
ISO 4287: 1997

#### Amplitudparametrar (topp och dal)

Primärprofilens maximala topphöjd  $P_p$   
Ytjämnhetsprofilens maximala topphöjd  $R_p$   
Vågighetsprofilens maximala topphöjd  $W_p$   
Profilens största topphöjd  $Z_p$  inom en referenslängd

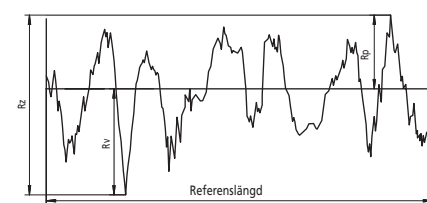


Primärprofilens maximala daldjup  $P_v$   
Ytjämnhetsprofilens maximala daldjup  $R_v$   
Vågighetsprofilens maximala daldjup  $W_v$   
Profilens största daldjup  $Z_v$  inom en referenslängd



Primärprofilens maximala höjd  $P_z$   
Ytjämnhetsprofilens maximala höjd  $R_z$   
Vågighetsprofilens maximala höjd  $W_z$

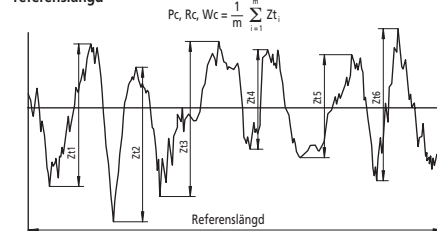
Summan av höjden på profilens största topphöjd  $Z_p$  och profilens största daldjup  $Z_v$  inom en referenslängd



! I ISO 4287-1:1984 användes symbolen  $R_z$  för att ange "oregelbundenheternas tiopunkts höjd". I vissa länder finns ytjämnhetsmätare vilka mäter enligt den tidigare  $R_z$ -parametern. Därför skall försiktighet användas vid användandet av existerande tekniska dokument eftersom skillnaderna i mätresultat vid användande av olika mätinstrument inte alltid är försumbara.

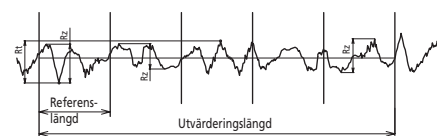
Primärprofilelementens medelhöjd  $P_c$   
Ytjämnhetsprofilelementens medelhöjd  $R_c$   
Vågighetsprofilelementens medelhöjd  $W_c$

Medelvärdet av profilelementhöjderna  $Z_t$  inom en referenslängd



Primärprofilens totalhöjd  $P_t$   
Ytjämnhetsprofilens totalhöjd  $R_t$   
Vågighetsprofilens totalhöjd  $W_t$

Summan av höjden på profilens största topphöjd  $Z_p$  och profilens största daldjup  $Z_v$  inom utvärderingslängden



## Amplitudparametrar (medelvärden av ordinater)

Primärprofilens aritmetiska medelvärde  $P_a$   
Ytjämnhetsprofilens aritmetiska medelvärde  $R_a$   
Vågighetsprofilens aritmetiska medelvärde  $W_a$

Aritmetiskt medelvärde av höjddoordinaternas absolutbelopp  $Z(x)$  inom en referenslängd

$$P_a, R_a, W_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

med  $l = l_p, l_r$  eller  $l_w$  enligt aktuell fall.

Primärprofilens kvadratiske medelvärde  $P_q$   
Ytjämnhetsprofilens kvadratiske medelvärde  $R_q$   
Vågighetsprofilens kvadratiske medelvärde  $W_q$

Kvadratisk medelvärde av höjddoordinaterna  $Z(x)$  inom en referenslängd

$$P_q, R_q, W_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx}$$

med  $l = l_p, l_r$  eller  $l_w$  enligt aktuell fall.

Primärprofilens skevhet  $P_{sk}$

Ytjämnhetsprofilens skevhet  $R_{sk}$

Vågighetsprofilens skevhet  $W_{sk}$

Kvot av medelvärdet av höjddoordinaterna  $Z(x)$  i kubik och respektive  $P_q, R_q$  eller  $W_q$  i kubik inom en referenslängd

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left[ \frac{1}{l} \int_0^l Z^3(x) dx \right]$$

Ekvationen ovan definierar  $R_{sk}$ ;  $P_{sk}$  och  $W_{sk}$  definieras på motsvarande sätt.  $P_{sk}, R_{sk}$  och  $W_{sk}$  är mått på asymmetrin hos höjddoordinaternas frekvensfördelningskurva.

Primärprofilens kurtosis  $P_{ku}$

Ytjämnhetsprofilens kurtosis  $R_{ku}$

Vågighetsprofilens kurtosis  $W_{ku}$

Kvot av medelvärdet av höjddoordinaterna upphöjt till fyra och respektive  $P_q, R_q$  respektive  $W_q$  upphöjt till fyra inom en referenslängd

$$R_{ku} = \frac{1}{R_q^4} \left[ \frac{1}{l} \int_0^l Z^4(x) dx \right]$$

Ekvationen ovan definierar  $R_{ku}$ ;  $P_{ku}$  och  $W_{ku}$  definieras på motsvarande sätt.  $P_{ku}, R_{ku}$  och  $W_{ku}$  är mått på toppigheten hos höjddoordinaternas frekvensfördelningskurva

## Delningsparametrar

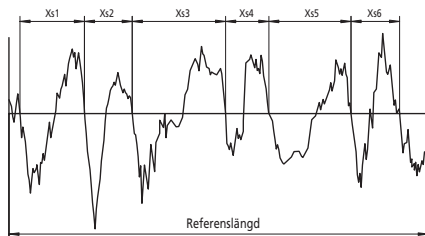
Primärprofilelementens medelbredd  $P_{Sm}$

Ytjämnhetsprofilelementens medelbredd  $R_{Sm}$

Vågighetsprofilelementens medelbredd  $W_{Sm}$

Medelvärde av profilelementens bredd  $X_s$  inom en referenslängd

$$P_{Sm}, R_{Sm}, W_{Sm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{s_i}$$



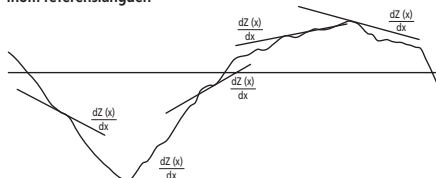
## Hybridparametrar

Primärprofilens kvadratiske medellutning  $P_{\Delta q}$

Ytjämnhetsprofilens kvadratiske medellutning  $R_{\Delta q}$

Vågighetsprofilens kvadratiske medellutning  $W_{\Delta q}$

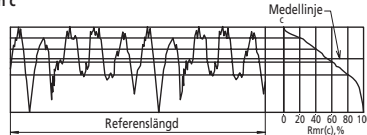
Kvadratisk medelvärde av höjddoordinaternas lutningar  $dZ/dx$  inom referenslängden



## Kurvor, frekvensfördelningsfunktion, och relaterade parametrar

Profilens materialandelskurva (Abbott-Firestone-kurva)

Kurva representerande profilens materialandel som funktion av nivån  $c$



Primärprofilens materialandel  $P_{mr}(c)$

Ytjämnhetsprofilens materialandel  $R_{mr}(c)$

Vågighetsprofilens materialandel  $W_{mr}(c)$

Förhållandet mellan materiallängden för profilelementen  $MI(c)$  vid en given nivå  $c$  och utvärderingslängden

$$P_{mr}(c), R_{mr}(c), W_{mr}(c) = \frac{MI(c)}{l_n}$$

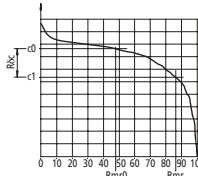
Primärprofilens snitthöjdsskillnad  $P_{dc}$

Ytjämnhetsprofilens snitthöjdsskillnad  $R_{dc}$

Vågighetsprofilens snitthöjdsskillnad  $W_{dc}$

Vertikalt avstånd mellan två snittlinjer för given materialandel

$$R_{dc} = c(R_{mr1}) - c(R_{mr2}); R_{mr1} < R_{mr2}$$



Primärprofilens relativa materialandel  $P_{mr}$

Ytjämnhetsprofilens relativa materialandel  $R_{mr}$

Vågighetsprofilens relativa materialandel  $W_{mr}$

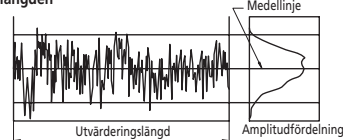
Materialandel beräknad vid en snittlinje  $R_{dc}$  (eller  $P_{dc}$  eller  $W_{dc}$ ), relativt referens  $c0$

$$P_{mr}, R_{mr}, W_{mr} = P_{mr}(c1), R_{mr}(c1), W_{mr}(c1)$$

där  $c1 = c0 - R_{dc}(R_{dc}, W_{dc})$   
 $c0 = c(Pm0, Rmr0, Wmr0)$

## Frekvensfördelningsfunktion (profilens amplitudfördelningskurva)

Höjddoordinaternas  $Z(x)$  frekvensfördelningsfunktion inom referenslängden

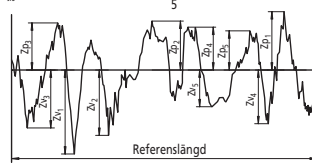


## JIS specifika parametrar

Oregelbundenheternas tiopunkthöjd,  $R_{z_{15}}$

Summan av den absoluta genomsnittliga höjden av de fem högsta profiltopparna och det absoluta medeldjupet av de fem djupaste profildalarna, mätt från medellinjen inom en ytjämnhetsprofils referenslängd. Denna profil erhålls från primärprofilen med ett faskorrekt bandpassfilter med cutoff-värden av  $l_c$  och  $l_s$ .

$$R_{z_{15}} = |Z_{p1} + Z_{p2} + Z_{p3} + Z_{p4} + Z_{p5}| + |Z_{v1} + Z_{v2} + Z_{v3} + Z_{v4} + Z_{v5}|$$



| Symbol         | Med profil                                                                        |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| $R_{z_{15}B2}$ | Den uppmätta ytprofilen                                                           |
| $R_{z_{15}S4}$ | Ytjämnhetsprofilen härrörande från primärprofilen med ett faskorrekt högpasfilter |

Profilens aritmetiska medelvärde  $R_{a_{75}}$

Aritmetiska medelvärdet av de absoluta värdena för profilens avvikelser från medellinjen inom ytjämnhetsprofilens referenslängd (75%). Denna profil erhålls från en uppmätt profil med ett analogt högpasfilter med en dämpningsfaktor på 12dB/oktav och ett cutoff-värde av  $\lambda_c$ .

$$R_{a_{75}} = \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} |Z(x)| dx$$

## Referenslängd för ytjämnhetsparametrar

ISO 4288: 1996

Tabell 1: Referenslängder för aperiodiska ytprofilsparametrar ( $R_a, R_q, R_{sk}, R_{ku}, R_{\Delta q}$ ), materialandelskurva, frekvensfördelningsfunktion och relaterade parametrar

| $R_a$<br>$\mu m$          | Referenslängd $l_r$<br>mm | Utvärderingslängd $l_n$<br>mm |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| $(0.006) < R_a \leq 0.02$ | 0.08                      | 0.4                           |
| $0.02 < R_a \leq 0.1$     | 0.25                      | 1.25                          |
| $0.1 < R_a \leq 2$        | 0.8                       | 4                             |
| $2 < R_a \leq 10$         | 2.5                       | 12.5                          |
| $10 < R_a \leq 80$        | 8                         | 40                            |

Tabell 2: Referenslängder för aperiodiska ytprofilsparametrar ( $R_z, R_v, R_p, R_c, R_t$ )

| $R_z$<br>$R_{z1max}$<br>$\mu m$     | Referenslängd $l_r$<br>mm | Utvärderingslängd $l_n$<br>mm |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| $(0.025) < R_z, R_{z1max} \leq 0.1$ | 0.08                      | 0.4                           |
| $0.1 < R_z, R_{z1max} \leq 0.5$     | 0.25                      | 1.25                          |
| $0.5 < R_z, R_{z1max} \leq 10$      | 0.8                       | 4                             |
| $10 < R_z, R_{z1max} \leq 50$       | 2.5                       | 12.5                          |
| $50 < R_z, R_{z1max} \leq 200$      | 8                         | 40                            |

1)  $R_z$  används för mätning av  $R_z, R_v, R_p, R_c$  och  $R_t$ .  
2)  $R_{z1max}$  används endast för mätning av  $R_{z1max}, R_{v1max}, R_{p1max}$  och  $R_{t1max}$ .

Tabell 3: Referenslängder för mätning av periodiska ytprofilsparametrar och periodisk eller aperiodisk profilparametrar  $R_{sm}$

| $R_{sm}$<br>mm             | Referenslängd $l_r$<br>mm | Utvärderingslängd $l_n$<br>mm |
|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| $0.013 < R_{sm} \leq 0.04$ | 0.08                      | 0.4                           |
| $0.04 < R_{sm} \leq 0.13$  | 0.25                      | 1.25                          |
| $0.13 < R_{sm} \leq 0.4$   | 0.8                       | 4                             |
| $0.4 < R_{sm} \leq 1.3$    | 2.5                       | 12.5                          |
| $1.3 < R_{sm} \leq 4$      | 8                         | 40                            |

## Förfarande för att bestämma en referenslängd om den inte är specificerad

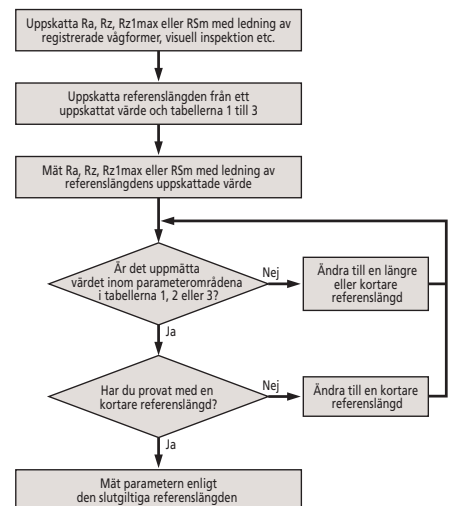


Fig.1 Förfarandet för att bestämma referenslängden för en aperiodisk profil om den inte är specificerad.

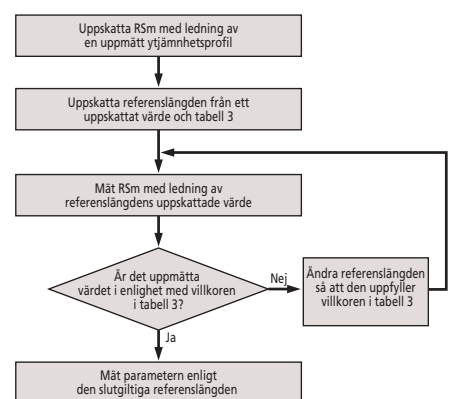
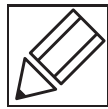
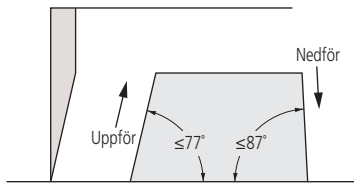


Fig.2 Förfarandet för att bestämma referenslängden för en periodisk profil om den inte är specificerad.



### ■ Spårbar vinkel

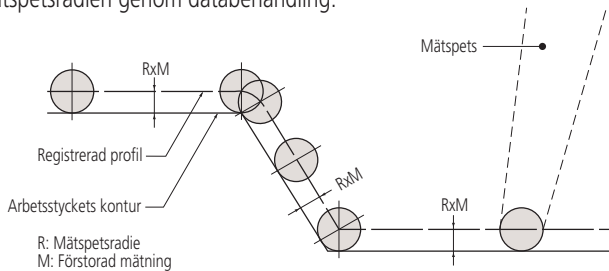


Den maximala vinkel som en mätspets kan spåra uppför eller nedför längs konturen av ett arbetsstycke, i mätspetsens riktning, kallas den spårbara vinkeln. En mätspets med enkelsidig egg med en spetsvinkel på 12° (som i figuren ovan) kan spåra maximalt 77° uppför och högst 87° nedför. För en konisk mätspets (30° kon), är den spårbara vinkeln mindre. Ett uppförslut med en vinkel på 77° eller mindre totalt kan faktiskt innehålla en vinkel på mer än 77° på grund av effekten av ytjämnheten. Ytjämnhet påverkar också mättrycket.

För modellerna CV-3200/4500, kan samma typ av mätspets (SPH-71: enkelsidig egg med en spetsvinkel på 12°) spåra maximalt 77° uppför och högst 83° nedför.

### ■ Kompensering för mätspetsradie

En registrerad profil representerar mätspetskulans ortlinje när den rullar över arbetsstyckets yta. (En typisk radie är 0,025 mm.) Som synes är detta inte detsamma som den verkliga ytprofilen, så för att erhålla en korrekt registrerad profil är det nödvändigt att kompensera för effekten av mätspetsradien genom databehandling.

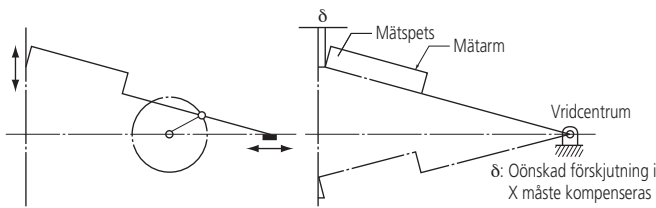


Om en profil läses från avkännaren via en mall eller skala, är det nödvändigt att kompensera för mätspetsradien i förväg enligt den förstorade mätning som valts.

### ■ Kompensering för armens rotation

Mätspetsen sitter på en lagrad arm vilket gör att den roterar när ytan spåras och att kontaktpetsen inte spårar enbart i Z-riktningen. Därför är det nödvändigt med kompensering i X-riktningen för att säkerställa noggrannheten. Det finns tre metoder för att kompensera för armens rotation.

- 1: Mekanisk kompensering
- 2: Elektrisk kompensering



- 3: Behandling i programvaran. För att mäta ett arbetsstyckes kontur, som innebär en stor förskjutning i vertikal riktning, med hög noggrannhet, måste en av dessa kompenseringar användas.

### ■ Noggrannhet

Eftersom detektorenheterna i X- och Z-axlarna innehåller skalor, visas inte förstöringsnoggrannheten som en procentandel utan som den linjära förflyttningsnoggrannhet för varje axel.

### ■ Överbelastningsskydd

Om mätspetsen utsätts för ett alltför högt tryck (överlast), beroende på t ex att spetsen möter en alltför brant sluttning på en sektion av arbetsstycket, eller en grad etc, stannar en säkerhetsanordning automatiskt maskinen och avger ett larm. Denna typ av instrument är ofta utrustade med separata säkerhetsanordningar för belastning i spårningsriktningen (X-axeln) och den vertikala riktningen (Y-axeln). Modellerna CV-3200/4500 har ett säkerhetssystem där mätarmen släpper från magnetfästet vid kollision.

### ■ Enkel eller komplex armstyrning

I fallet med en enkel lagrad arm, är den ortlinje som mätspetsen spårar runt under vertikal rörelse (Z-riktning), en cirkelbåge som resulterar i en oönskad förskjutning i X, vilken måste kompenseras. Ju större bågörelse, desto större är den oönskade förskjutning i X (δ) som måste kompenseras. (Se figur, nedre vänster.) Alternativet är att använda ett komplext mekaniskt länkarangemang för att erhålla en linjärt överförd ortlinje i Z, och därmed undvika behovet av att kompensera i X.

### ■ Metoder för mätning i Z-axeln

Även om den vanligaste metoden för att mäta i X-axeln är med en digital skala, finns det två metoder för Z-axeln; analog (användning av en differentialtransformator etc) eller med digital skala.

Med analoga metoder varierar Z-axelns upplösning beroende på mätförstoring och mätområde. Metoden med digitala skala har fast upplösning.

Generellt ger metoden med digitala skala högre noggrannhet än en analog metod.

## Metoder för konturanalys

Du kan analysera konturen med en av två följande metoder efter att ha slutfört mätoperationen.

### Databehandlingsdelen och analysprogram

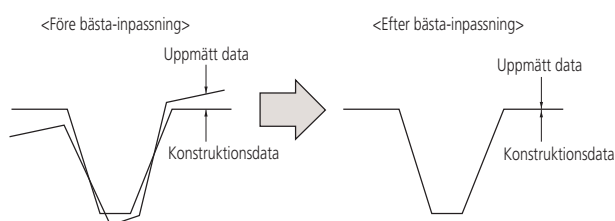
Den uppmätta konturen matas in i databehandlingsdelen i realtid och ett särskilt program utför analysen med hjälp av musen och / eller tangentbordet. Vinkeln, radien, steg, lutning och andra data visas direkt som numeriska värden. Analys som kombinerar koordinatsystem kan lätt utföras. Grafen som körs genom kompenseringen för mätpetsradie matas ut till skrivaren som den registrerade profilen.

## Toleransjämförelse med konstruktionsdata

Det uppmätta arbetsstyckets konturdata kan jämföras med konstruktionsdata i form av faktiska och konstruerade former snarare än att bara analysera individuella mått. I denna teknik är varje avvikelse i den uppmätta konturen från den avsedda konturen visad och registrerad. Dessutom kan data från ett arbetsstyckes exempel behandlas så att de blir styrande konstruktionsdata som andra arbetsstycken jämförs med. Denna funktion är särskilt användbar när formen på en sektion har stor påverkan på produktens prestanda, eller när dess form har en inverkan på förhållandet mellan ihopsatta eller sammansatta delar.

## Bästa inpassning

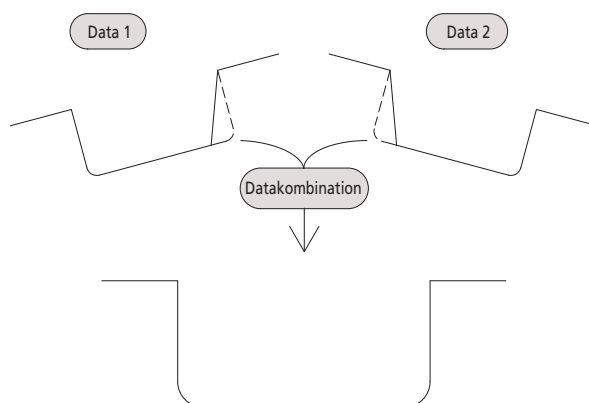
Om det finns en standard för ytans profildata, utförs toleransjämförelse med konstruktionsdata enligt standarden. Om det inte finns någon standard, eller om det endast krävs toleransjämförelse mot form, kan bästa inpassning mellan konstruktionsdata och mätdata utföras.



Bearbetningsalgoritmen för bästa inpassning söker efter avvikelser mellan de båda uppsättningarna av data och härleder ett koordinat-system i vilket summan av kvadraterna av avvikelserna är ett minimum när den uppmätta datan överlagrar konstruktionsdatan.

## Datakombination

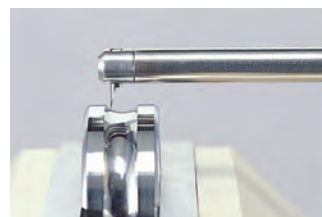
Om spårning av en komplett kontur förhindras av begränsningar i mätpetsens spårbara vinkel så måste, i de flesta fall, konturen delas upp i flera delar som sedan mäts och utvärderas separat. Denna funktion undviker denna begränsning genom att kombinera de separata sektionerna i en kontur genom att överlagra gemensamma element (linjer, punkter etc) på varandra. Med denna funktion kan hela konturen visas och olika analyser utföras på vanligt sätt.



## Exempel på mätning



Dubbelspets för mätning både uppåt och nedåt



In- och utvärdig kontur på en kullagerbana



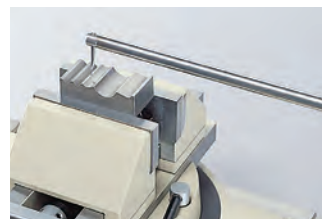
Invärdig kuggprofil



Form på invändiga gängor



Form på utvärdiga gängor



Mallkontur



### ISO 4291: 1985 Metoder för utvärdering av rundhetsavvikelse --

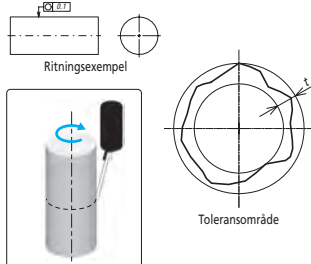
#### Mätning av radievariationer

### ISO 1101: 2012 Geometrisk produktspecifikation (GPS) -- Geometrisk toleranser --

#### Form- och lägetoleranser

#### Rundhet

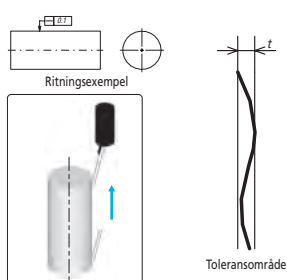
Konturen ska i varje tvärsnitt ligga mellan två koncentriska cirklar med det radiella avståndet "t".



Exempel på uppmätning i formmätinstrument

#### Rakhet

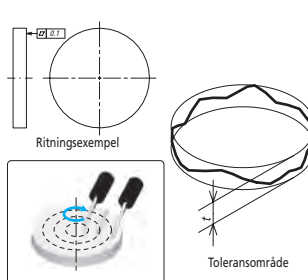
Varje generatris på mantelytan ska ligga mellan två parallella linjer med inbördes avstånd "t".



Exempel på uppmätning i formmätinstrument

#### Planhet

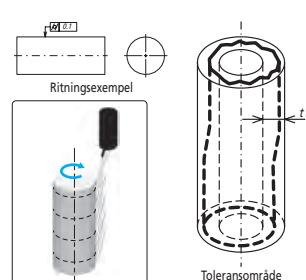
Den toleranssatta ytan ska ligga mellan två parallella plan med inbördes avstånd "t".



Exempel på uppmätning i formmätinstrument

#### Cylindricitet

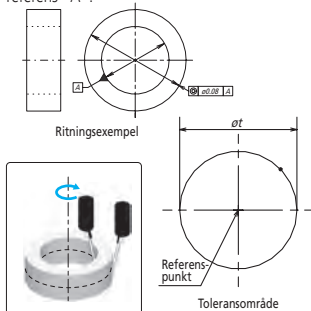
Hela mantelytan ska ligga mellan två koaxiala cylindrar med inbördes avstånd "t".



Exempel på uppmätning i formmätinstrument

#### Koncentricitet

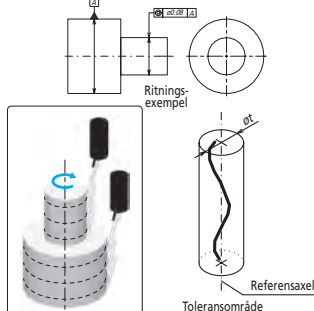
Den toleranssatta cirkelns centrum ska i det bestämda snittet ligga inom en cirkel med diameter "t" vars centrum sammanfaller med referens "A".



Exempel på uppmätning i formmätinstrument

#### Koaxialitet

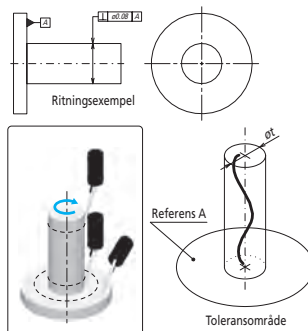
Den toleranssatta centrumlinjen ska ligga inom en cylinder med diameter "t" vars centrumlinje sammanfaller med referens "A".



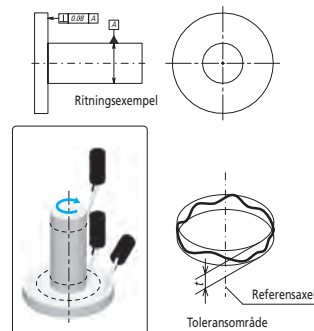
Exempel på uppmätning i formmätinstrument

#### Vinkelräthet

Den toleranssatta ytan eller axeln ska ligga mellan två parallella plan med inbördes avstånd "t" och vinkelräta mot referens "A".



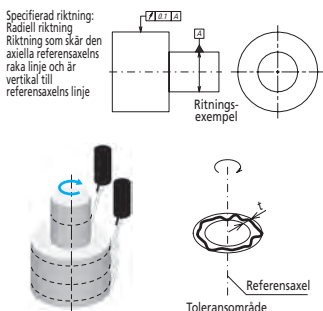
Exempel på uppmätning i formmätinstrument



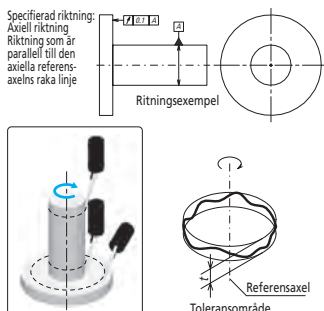
Exempel på uppmätning i formmätinstrument

#### Cirkulärt kast

Den toleranssatta axeln ska ligga inom ett toleransområde som begränsas av två i plan liggande och/eller koncentriska cirklar med inbördes radiellt avstånd "t" koncentriskt med eller vinkelräta mot referens "A".



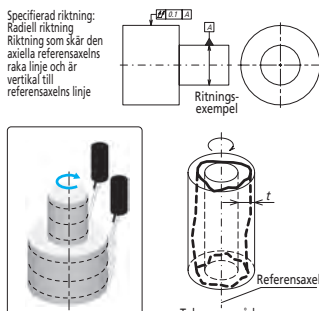
Exempel på uppmätning i formmätinstrument



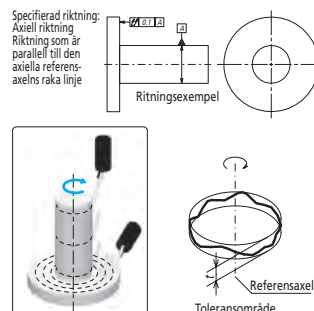
Exempel på uppmätning i formmätinstrument

#### Totalt kast

Ytan ska ligga inom ett toleransområde som begränsas av två koaxiala cylindrar med inbördes radiellt avstånd "t", eller plan med inbördes avstånd "t", koncentriskt med eller vinkelräta mot referens "A".



Exempel på uppmätning i formmätinstrument

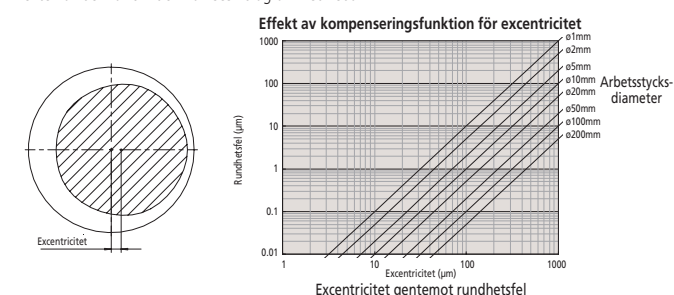


Exempel på uppmätning i formmätinstrument

### Justering före mätningen

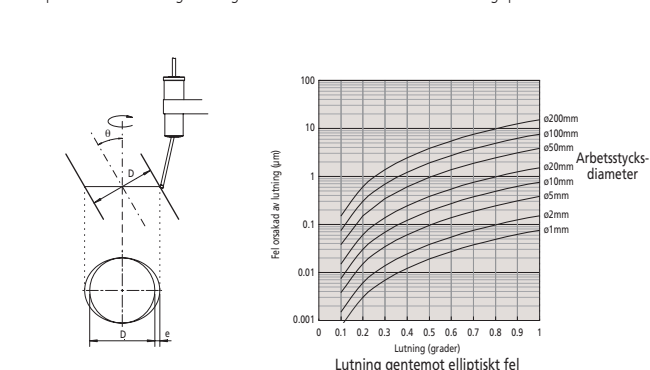
#### Centrering

En förskjutning mellan rotationsbordets axel och arbetsstyckets axel (excentricitet) resulterar i en förvrängning av den uppmätta formen (limaçon-fel) och följderiktigt uppstår ett fel i det kalkylerade rundhetsvärdet. Ju större excentriciteten är, desto större blir felet i den kalkylerade rundheten. Därför ska arbetsstycket centreras före mätning så att axlarna sammanfaller. Som stöd för noggrann mätning har vissa rundhetsprovare en funktion för att korrigera denna typ av fel. Effekten av denna funktion kan ses i diagrammet nedan.



#### Nivellerings

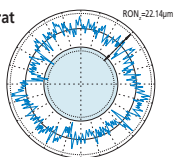
En lutning av arbetsstyckets axel i förhållande till mätinstrumentets rotationsaxel kommer att orsaka en elliptiskt fel. Nivellerings måste genomföras så att dessa axlar är tillräckligt parallella.



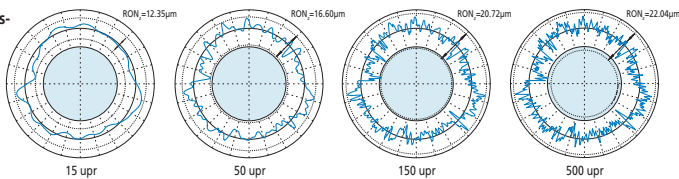
## Filterinställningarnas effekt på den uppmätta profilen

De uppmätta rundhetsvärdena (RON) påverkas i stor grad av filtrens cutoff-värde. Det är viktigt att välja filtret noga för den utvärdering som krävs.

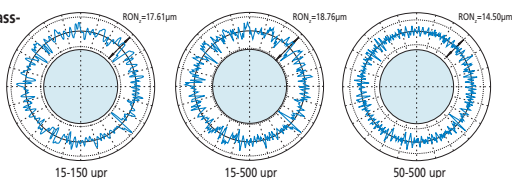
### Ofiltrerat



### Lågpass-filtrer



### Bandpass-filtrer

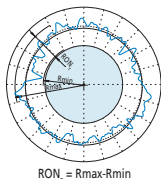


## Utvärdering av den uppmätta profilens rundhet

Rundhets-(RON) provare använder den uppmätta datan för att generera referenscirklar vilkas dimensioner definierar rundhetsvärdet. Det finns fyra metoder för att generera dessa cirklar, se nedan, och varje metod har sina individuella egenskaper. Så den metod som bäst matchar arbetsstyckets funktion bör väljas.

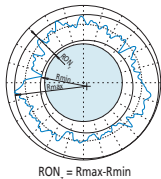
### Minsta-kvadrat referenscirkel- (LSCI) metoden

Cirkel skapad så att kvadratsumman av de lokala rundhetsavvikelsena är minsta möjliga. Rundhetsavvikelsen är det radiella avståndet mellan högsta topp och lägsta dal på den extraherade periferlinjen.



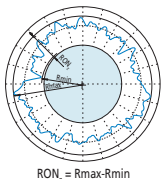
### Minsta zon-referenscirkel- (MZCI) metoden

Två koncentriske cirklar som omsluter rundhetsprofilen och har den minsta radiella separationen.



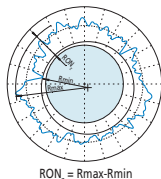
### Minsta omskrivna referenscirkel- (MCC) metoden

Minsta möjliga cirkel som omsluter rundhetsprofilen och tangerar den på minst tre punkter. Rundhetsavvikelsen är det radiella avståndet mellan högsta topp och lägsta dal på den extraherade periferlinjen.



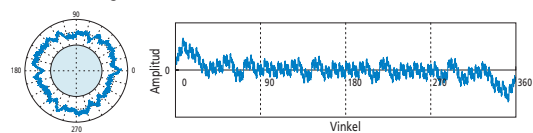
### Största inskrivna referenscirkel- (MICI) metoden

Största möjliga cirkel som omsluts av rundhetsprofilen och tangerar den på minst tre punkter. Rundhetsavvikelsen är det radiella avståndet mellan högsta topp och lägsta dal på den extraherade periferlinjen.

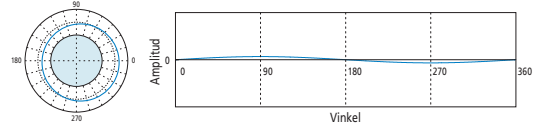


## Data för Vågigheter per varv (UPR) i rundhetsgraferna

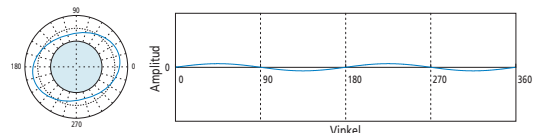
Grafiska visningar av mätresultat



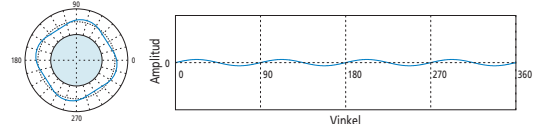
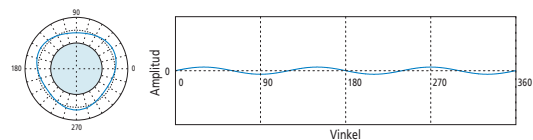
Ett 1 UPR-förhållande indikerar excentricitet hos arbetsstycket i relation till mätinstrumentets rotationsaxel. Amplituden av vågighetskomponenter beror på nivellereringen.



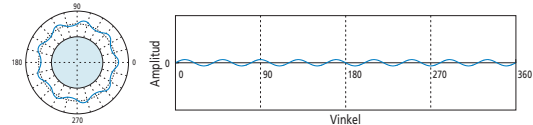
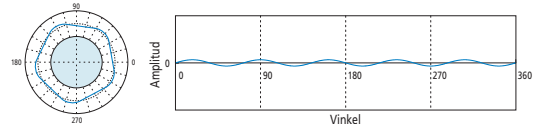
Ett 2 UPR-förhållande kan indikera: (1) Otillräcklig nivellerering på mätinstrumentet; (2) cirkulärt kast orsakat av felaktig montering av arbetsstycket i bearbetningsmaskinen; (3) arbetsstycket är konstruerat med elliptisk form, som t ex en kolv till en förbränningsmotor.



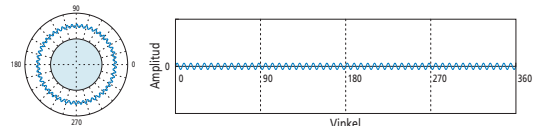
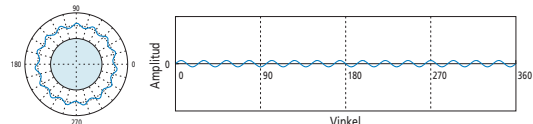
Ett 3 till 5 UPR-förhållande kan indikera: (1) Deformation orsakad av för hårt åtdragen chuck på mätinstrumentet; (2) deformation som uppstått genom att spänningar släppts när arbetsstycket lossats från chucken i bearbetningsmaskinen.

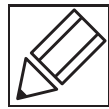


Ett 5 till 15 UPR-förhållande indikerar ofta faktorer för obalans i bearbetningsmetoden eller processer som används för att tillverka detaljen.



Ett 15 (eller mer) UPR-förhållande orsakas vanligen av lösa verktyg, maskinvibrationer, skärvätskeflöde, icke-homogena material etc., och är generellt viktigare för funktionen än för arbetsstyckets passning.





### Metoder för hårdhetsprovning och riktlinjer för val av hårdhetsprovare

| Material                                                                             | Testmetod | Mikrohardhet (Mikrovickers) | Mikrotyots material-egen-skaper | Vickers | Rockwell | Rockwell Superficial | Brinell | Shore | För poröst, gummi och plaster | Återstud-sande kula |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------------------|---------|----------|----------------------|---------|-------|-------------------------------|---------------------|
| Halvledare                                                                           |           | ●                           | ●                               |         |          |                      |         |       |                               |                     |
| Hårdmetall, keramik (skärverktyg)                                                    |           |                             | ▲                               | ●       | ●        |                      |         |       |                               |                     |
| Stål (värmebehandlat material, råmaterial)                                           |           | ●                           | ▲                               | ●       | ●        | ●                    |         | ●     |                               | ●                   |
| Ickejärnhaltig metall                                                                |           | ●                           | ▲                               | ●       | ●        | ●                    |         |       |                               | ●                   |
| Plast                                                                                |           |                             | ▲                               |         | ●        |                      |         |       | ●                             |                     |
| Slipsten                                                                             |           |                             |                                 |         | ●        |                      |         |       |                               |                     |
| Gjutform                                                                             |           |                             |                                 |         |          |                      | ●       |       |                               |                     |
| Poröst, gummi                                                                        |           |                             |                                 |         |          |                      |         |       | ●                             |                     |
| Form                                                                                 |           |                             |                                 |         |          |                      |         |       |                               |                     |
| Tunnplåt (rakblad, metallfolie)                                                      |           | ●                           | ●                               | ●       |          | ●                    |         |       |                               |                     |
| Tunn film, plätering, lack, ytbeläggning (nitrelager)                                |           | ●                           | ●                               |         |          |                      |         |       |                               |                     |
| Små detaljer, nålformiga detaljer (klockvisare, symaskinsnål)                        |           | ●                           | ▲                               |         |          |                      |         |       |                               |                     |
| Stora arbetsstycken (konstruktion)                                                   |           |                             |                                 |         |          |                      | ●       | ●     |                               | ●                   |
| Metallisk materialsammansättning (hårdhet för varje nivå i flerskiktsslegringar)     |           | ●                           | ●                               |         |          |                      |         |       |                               |                     |
| Plastplatta                                                                          |           | ▲                           | ▲                               |         | ●        |                      |         |       | ●                             |                     |
| Porös, gummiplatta                                                                   |           |                             |                                 |         |          |                      |         |       | ●                             |                     |
| Användning                                                                           |           |                             |                                 |         |          |                      |         |       |                               |                     |
| Styrka eller fysikalisk egenskap hos material                                        |           | ●                           | ●                               | ●       | ●        | ●                    | ●       | ●     | ●                             | ▲                   |
| Värmebehandlande process                                                             |           | ●                           |                                 | ●       | ●        | ●                    |         | ▲     |                               | ▲                   |
| Uppkolat härd djup                                                                   |           | ●                           |                                 | ●       |          |                      |         |       |                               |                     |
| Avkolade lagerdjup                                                                   |           | ●                           |                                 | ●       |          | ●                    |         |       |                               |                     |
| Flam- eller högfrekvenshårdade lagerdjup                                             |           | ●                           |                                 | ●       | ●        |                      |         |       |                               |                     |
| Test av hårdbarhet                                                                   |           |                             |                                 | ●       | ●        |                      |         |       |                               |                     |
| Maximal hårdhet på en punktsvets                                                     |           |                             |                                 | ●       |          |                      |         |       |                               |                     |
| Hårdhet på svetsfog                                                                  |           |                             |                                 | ●       | ●        |                      |         |       |                               |                     |
| Hårdhet vid höga temperaturer (högtemperatur-egenskaper och bearbetningsmöjligheter) |           |                             |                                 | ●       |          |                      |         |       |                               |                     |
| Brottseghet (keramik)                                                                |           | ●                           |                                 | ●       |          |                      |         |       |                               |                     |

Symboler: ● Mycket lämpad ▲ Kan användas

### Metoder för hårdhetsmätning

#### (1) Vickers

Vickershårdhet är den testmetod som har det bredaste användningsområdet, och möjliggör hårdhetskontroll med en godtycklig provningskraft. Detta test har ett mycket stort antal tillämpningsområden, särskilt för hårdhetstester utförda med en provkraft som är mindre än 9.807N (1kgf). Såsom visas i följande formel, är Vickers hårdhet ett värde som bestäms genom att dividera provkraften F (N) med kontaktarean S (mm<sup>2</sup>) mellan ett prov och en indenter, vilken är beräknad från den diagonala längden d (mm), medelvärde av två riktningslängder) av ett intryck som bildas av indentern (en kvadratisk pyramidal diamant, motstående sidor  $\theta=136^\circ$ ) i provet med provkraften F (N). k är en konstant ( $1/g=1/9.80665$ ).

$$HV=k \frac{F}{S}=0.102 \frac{F}{S}=0.102 \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2}=0.1891 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F: N \\ d: mm \end{matrix}$$

Fel i en framräknad Vickers hårdhet fås av nedanstående formel. Här representerar  $\Delta d1$ ,  $\Delta d2$  och "a" mätfelet som beror på mikroskopet, ett fel vid avläsning av intrycket respektive längden på en kantlinje som genereras av de motstående sidorna på indenterspetsen. Enheten för  $\Delta \theta$  är grader.

$$\frac{\Delta HV}{HV} \approx \frac{\Delta F}{F} - 2 \frac{\Delta d1}{d} - 2 \frac{\Delta d2}{d} - \frac{\Delta^2}{d^2} \cdot 3.5 \times 10^{-3} \Delta \theta$$

#### (2) Knoop

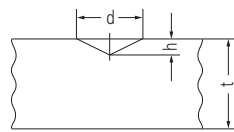
Såsom visas i följande formel, är Knoop-hårdhet ett värde som erhålls genom att dividera provkraften med den projicerade ytan A (mm<sup>2</sup>) i ett intryck, som beräknas från den längre diagonala längden d (mm) hos intrycket bildad genom att pressa en romboidformad diamantindenter (motstående kantvinklarna  $172^\circ 30'$  och  $130^\circ$ ) mot ett prov med provkraften F. Knoop-hårdhet kan även mätas genom att byta ut Vickersindentern i en mikrohardhetsprovare mot en Knoopindenter.

$$HK=k \frac{F}{A}=0.102 \frac{F}{A}=0.102 \frac{F}{cd^2}=1.451 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F: N \\ d: mm \\ c: Konstant \end{matrix}$$

#### (3) Rockwell och Rockwell Superficial

För att mäta Rockwell eller Rockwell Superficial hårdhet används en diamantindenter (spetsvinkel:  $120^\circ$ , spetsradie: 0,2 mm) eller en sfärisk indenter (stålkula eller hårdmetallkula). Anbringa först en förlast och därefter en provlast till provet och återgå sedan till förlasten. Detta hårdhetsvärde erhålles från formeln uttryckt som skillnaden i intrycksdjupet h (µm) mellan förlasten och provlasterna. Rockwell använder en förlast på 98.07 N och Rockwell Superficial 29.42 N. En särskild symbol i kombination med typ av indenter, provlast och hårdhetsformel kallas en skala. Japanese Industrial Standards (JIS) definierar olika skalor av relaterad hårdhet.

## Förhållandet mellan Vickershårdhet och provets minsta tjocklek



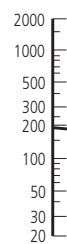
$$HV = 0.1891 \frac{F}{d^2}$$

$$t > 1.5d$$

$$h \approx d/7$$

t: Provets tjocklek (mm)  
d: Diagonal längd (mm)  
h: Intrycksdjup (mm)

Vickers hårdhet  
HV



Provets minsta  
tjocklek

t: mm

0.001

0.002

0.003

0.005

0.01

0.02

0.03

0.05

0.1

0.2

0.3

0.5

1

2

3

Diagonal längd  
på intrycket

d: mm

0.001

0.002

0.003

0.005

0.01

0.02

0.03

0.05

0.1

0.2

0.3

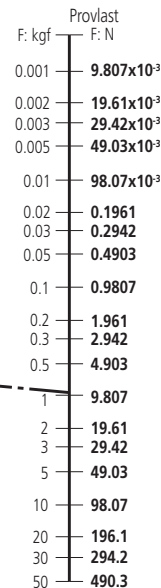
0.5

1

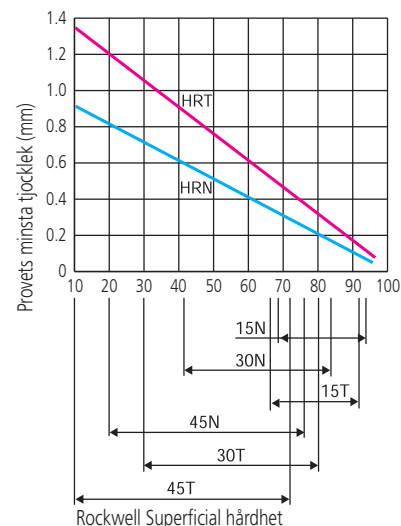
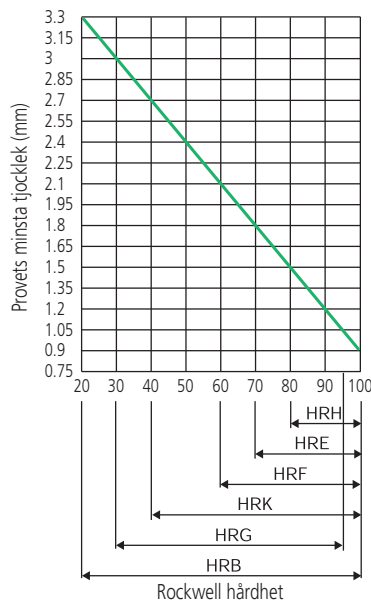
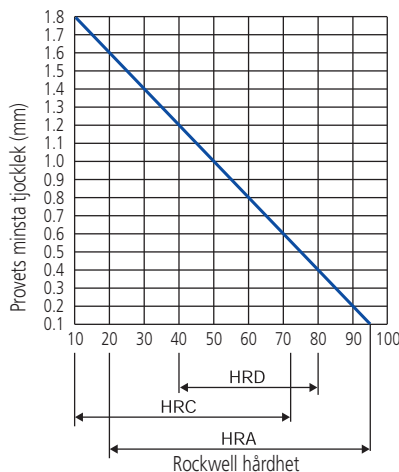
2

3

[Exempel]  
Provets tjocklek: 0.15 mm  
Provets hårdhet: 185HV1  
Provlust F: **9.807N** (1 kgf)  
Diagonal längd: 0.1 mm



## Förhållandet mellan Rockwell/Rockwell Superficial hårdhet och provets minsta tjocklek



## Rockwell hårdhetsskalor

| Skala | Indenter                    | Provlust (N) | Användning                                           |
|-------|-----------------------------|--------------|------------------------------------------------------|
| A     | Diamant                     | 588.4        | Hårdmetall, tunn stålplåt                            |
| D     |                             | 980.7        | Sätthårdat stål                                      |
| C     |                             | 1471         | Stål (högre än 100HRB eller lägre än 70HRC)          |
| F     | Kula med diameter 1,5875 mm | 588.4        | Lagermetall, hårdad koppar                           |
| B     |                             | 980.7        | Mässing                                              |
| G     |                             | 1471         | Hård aluminiumlegering, berylliumkoppar, fosforbrons |
| H     | Kula med diameter 3,175 mm  | 588.4        | Lagermetall, slipsten                                |
| E     |                             | 980.7        | Lagermetall                                          |
| K     |                             | 1471         | Lagermetall                                          |
| L     | Kula med diameter 6,35 mm   | 588.4        | Plast, bly                                           |
| M     |                             | 980.7        |                                                      |
| P     |                             | 1471         |                                                      |
| R     | Kula med diameter 12,7 mm   | 588.4        | Plast                                                |
| S     |                             | 980.7        |                                                      |
| V     |                             | 1471         |                                                      |

## Rockwell Superficial hårdhetsskalor

| Skala | Indenter                    | Provlust (N) | Användning                                                        |
|-------|-----------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------|
| 15N   | Diamant                     | 147.1        | Tunna, hårda lager på stål såsom ett uppkolat eller nitrost lager |
| 30N   |                             | 294.2        |                                                                   |
| 45N   |                             | 441.3        |                                                                   |
| 15T   | Kula med diameter 1,5875 mm | 147.1        | Tunnmetall av mjukt stål, koppar, brons, etc.                     |
| 30T   |                             | 294.2        |                                                                   |
| 45T   |                             | 441.3        |                                                                   |
| 15W   | Kula med diameter 3,175 mm  | 147.1        | Plast, zink, lagerlegeringar                                      |
| 30W   |                             | 294.2        |                                                                   |
| 45W   |                             | 441.3        |                                                                   |
| 15X   | Kula med diameter 6,35 mm   | 147.1        | Plast, zink, lagerlegeringar                                      |
| 30X   |                             | 294.2        |                                                                   |
| 45X   |                             | 441.3        |                                                                   |
| 15Y   | Kula med diameter 12,7 mm   | 147.1        | Plast, zink, lagerlegeringar                                      |
| 30Y   |                             | 294.2        |                                                                   |
| 45Y   |                             | 441.3        |                                                                   |

## Kalibreringsblock: Provlust Rockwell och Rockwell Superficial hårdhet

|                 |         | Rockwell hårdhet |       |      | Rockwell Superficial hårdhet |       |       |
|-----------------|---------|------------------|-------|------|------------------------------|-------|-------|
| Förkast         | N       | 98,07            |       |      | 29,42                        |       |       |
|                 | kgf     | 10               |       |      | 3                            |       |       |
| Provlust        | N       | 588,4            | 980,7 | 1471 | 147,1                        | 294,2 | 441,3 |
|                 | kgf     | 60               | 100   | 150  | 15                           | 30    | 45    |
| Diamantindenter |         | A                | D     | C    | 15N                          | 30N   | 45N   |
| Intrycks kropp  | Ø 1/16" | F                | B     | G    | 15T                          | 30T   | 45T   |
|                 | Ø 1/8"  | H                | E     | K    | 15W                          | 30W   | 45W   |
|                 | Ø 1/4"  | L                | M     | P    | 15X                          | 30X   | 45X   |
|                 | Ø 1/2"  | R                | S     | V    | 15Y                          | 30Y   | 45Y   |



Tillvägagångssättet för att få fram koordinatmätmaskiners prestanda är definierat i den internationella standardserien EN ISO 10360. Mitutoyo är noga med att alltid uppfylla den senaste ISO-standarderna. Denna sida ger dig en överblick av de ISO parametrar som Mitutoyo visar i huvudkatalogen.

### Maximalt tillåten längdmätosäkerhet $E_{0,MPE}$ [EN ISO 10360-2]

Provningsförfarandet enligt denna standard är att en koordinatmätmaskin (CMM) får utföra en serie mätningar med fem olika provlängder vardera i sju riktningar, såsom visas i fig 1, för att framställa en uppsättning av 35 mätningar. Denna sekvens upprepas sedan två gånger för att få fram totalt 105 mätningar. Om dessa resultat, inklusive tillägg för mätosäkerheten, är lika med eller mindre än de värden som anges av tillverkaren, anses maskinens prestanda visat sig uppfylla sin specifikation.

Standarden tillåter att upp till fem mätningar överskrider det specificerade värdet (två icke godkända resultat vid tre mätningar i samma position är inte tillåtet). Om detta uppstår, utförs ytterligare 10 mätningar i den aktuella positionen. Om alla 10 resultaten, inklusive tillägg för mätosäkerheten, är inom det specificerade värdet, anses mätmaskinen klarat testet. Osäkerheterna som skall beaktas vid fastställande av största tillåtna mätfel, är de som rör metoder för kalibrering och uppriktning med de specifika längdnormaler som använts i testet. (De värden som erhålles genom att addera en utökad osäkerhet som ett resultat av de två ovannämnda osäkerhetsfaktorerna till alla testresultat, måste vara mindre än det angivna värdet.) Testresultatet kan uttryckas i någon av följande tre former (enhet:  $\mu\text{m}$ ).

$$E_{0,MPE} = A + L/K \leq B$$

$$E_{0,MPE} = A + L/K$$

$$E_{0,MPE} = B$$

- A: Konstant ( $\mu\text{m}$ ) specificerad av tillverkaren
- K: Dimensionslös konstant specificerad av tillverkaren
- L: Mätlängd (mm)
- B: Övre gränsvärde ( $\mu\text{m}$ ) specificerad av tillverkaren

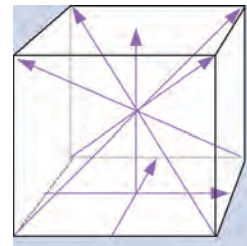


Fig. 1 Vanliga mätriktningar vid test inom koordinatmätmaskinens mätområde

### Maximal tillåten mätosäkerhet för scanning $MPE_{THP}$ [EN ISO 10360-4]

Detta är noggrannhetsstandarden för en koordinatmätmaskin som är utrustad med scannande prob. Testet utförs genom en scannande mätning i fyra plan på en masterkula. Därefter, för att med minstakvadratmetoden få fram kulans centrum med hjälp av alla mätpunkter, beräkna området (mått "A" i fig. 3) inom vilket alla mätpunkter befinner sig. Utgående från det värde som beräknades med minstakvadratmetoden ovan, beräkna avståndet mellan masterkulans radie och det högsta eller lägsta mätvärdet, och ta det större avståndet (mått "B" i fig. 3). Lägg till en utökad osäkerhet som är en kombination av osäkerheten i mätpetsens form och osäkerheten i masterkulans form till varje A- och B-mått. Om bägge de beräknade värdena är lägre än det specificerade värdet, är scanningprobtestet godkänt.

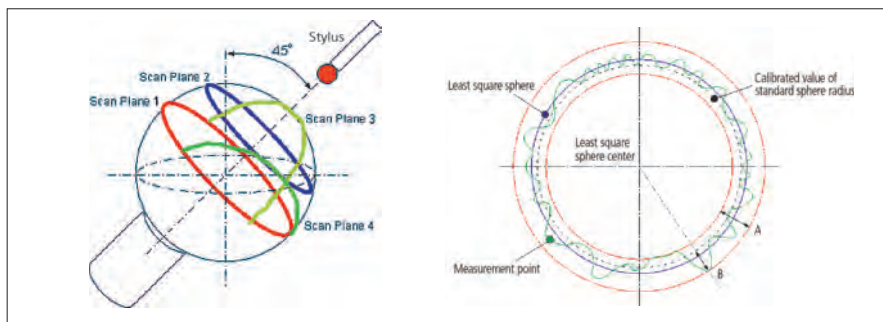


Fig. 3 Målmätplan för Maximal tillåten mätosäkerhet för scanning och metoden för dess utvärdering

### Maximal tillåten formavvikelse med en enskild mätpets $P_{FTU,MPE}$ [EN ISO 10360-5]

Provningsförfarandet enligt denna standard är att en prob används för att mäta definierade målpunkter på en masterkula (25 punkter, såsom i figur 2) och resultatet används för att beräkna positionen för kulans centrum med minstakvadratmetoden. Därefter beräknas avståndet R från kulans centrum för alla 25 mätpunkterna samt radiedifferensen  $R_{\text{max}} - R_{\text{min}}$ . En utökad osäkerhet som är en kombination av osäkerheten i mätpetsens form och osäkerheten i masterkulans form adderas till radiedifferensen. Om det sammanräknade värdet är samma eller lägre än det specificerade värdet, har proben klarat testet.

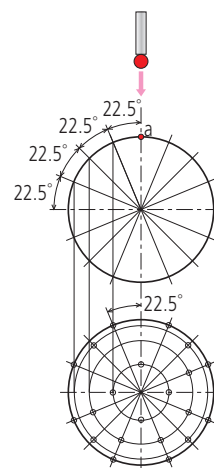


Fig. 2 Målpunkter på en masterkula för bestämmande av Maximal tillåten formavvikelse med en enskild mätpets.







100

SE-194 27 Upplands Väsby

Fax: 08-590 924 10

[www.mitutoyo.se](http://www.mitutoyo.se)

