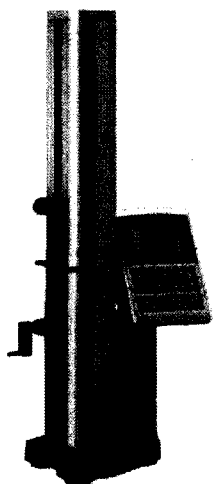


Kalibratievoorschriften & onzekerheidsbudgetten

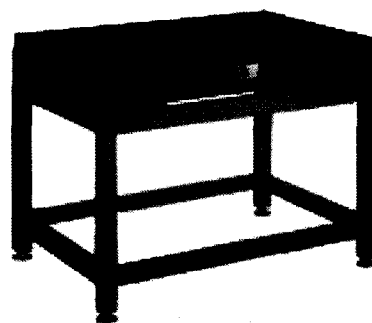
afstudeerder : Paul van de Craats (TCI)
bedrijf : Mitutoyo Nederland B.V.
begeleider Bedrijf : Ron Muijt
begeleider HvU : Henny Rademaker
datum : Juni 2005
omschrijving project : Het opstellen van kalibratievoorschriften en onzekerheidsbudgetten voor een laser scan micrometer, vlakplaten, VL 50 en hoogtemeters of een combinatie hiervan. Opstellen van prijslijsten voor kalibratie van meetapparatuur.



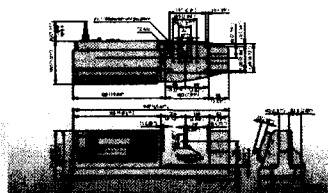
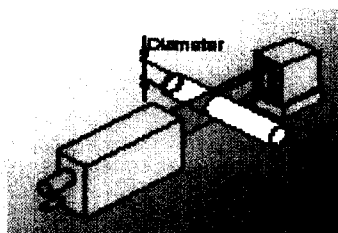
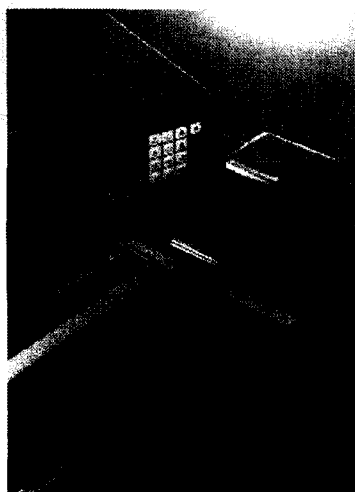
Linear Height



VL-50



Vlakplaat



Laser Scan
Micrometer



Samenvatting

De Field Service van Mitutoyo Nederland BV wil haar kalibratie erkenning uitbreiden met de volgende meetinstrumenten :

- Laser scan micrometer
- Hoogtemeter in combinatie met een vlakplaat bij de klant
- VL-50 Hoogtemeter(ontwerpen van een speciale eindmaat)

Om dit te bereiken moeten kalibratievoorschriften en onzekerheidsberekeningen gemaakt worden, die moeten voldoen aan de RvA richtlijnen (RvA = Raad voor Accreditatie). Als basis voor deze uitbreiding zullen de kalibratie instructies en onzekerheidsberekeningen van de in dit verslag behandelde meetapparatuur dienen.

Men bewijst met een RvA-erkenning de herleidbaarheid van een kalibratie tegenover internationale standaarden. Dit betekent wereldwijde acceptatie van de certificaten die men uitgeeft voor de desbetreffende meetapparatuur.

Voorafgaand aan een onzekerheidsberekening moet een kalibratie instructie geschreven worden. De kalibratie instructie heeft als doel om duidelijkheid te scheppen omtrent de procedure voor kalibratie. Een onzekerheidsberekening heeft tot doel de onzekerheid van de kalibratie te bepalen, ofwel de onzekerheid waarmee de afwijking van het te kalibreren meetinstrument is vastgesteld. Mitutoyo Nederland BV wil qua onzekerheid de eerste plaats behouden en versterken met betrekking tot de concurrent.

In de onzekerheidsberekening, welke men moet voorleggen om een RvA-erkenning te krijgen, worden de beste nauwkeurigheidsgrenzen van een kalibratie berekend. Een grote onzekerheid heeft als gevolg dat de kans groter wordt dat men bij het kalibreren waarden vindt waarvan men niet zeker weet of ze voldoen aan de specificaties.

Met behulp van Laser Scan Micrometers (LSM) kunnen heel nauwkeurig diameters van bijvoorbeeld pennen worden gemeten. LSM's worden voornamelijk in het productieproces toegepast. Ook zijn er toepassingen in laboratoria bekend.

Vlakplaten worden gebruikt als referentie om gefabriceerde producten uit te kunnen richten. Hoogtemeters die tevens op deze vlakplaat staan worden gebruikt om maten aan het product op te meten.

Met behulp van een VL-50 hoogtemeter kunnen maten aan zachte materialen gemeten worden. De nauwkeurigheid van deze hoogtemeters zijn gespecificeerd op $0,5\mu\text{m}$.

De verhouding tussen de beste nauwkeurigheidsgrenzen en de specificatie van een meetinstrument is acceptabel tot 1:5. Hoe groter deze verhouding, des te kleiner de grijze gebieden ten opzichte van het overeenstemmingsgebied.

De prijslijsten betreffende de kalibratie van meetapparatuur zijn gebaseerd op tijd en kwaliteit. Mitutoyo Nederland BV heeft als doel qua kalibratieprijzen in de top drie te eindigen met betrekking tot de concurrent.

Voorwoord

De Field Service van Mitutoyo Nederland BV wil haar kalibratie erkenning uitbreiden met de laser scan micrometer, hoogtemeters, vlakplaten en de VL-50 low force hoogtemeter. Om dit te kunnen bereiken moeten van bovenstaande meetapparatuur kalibratievoorschriften en onzekerheidsberekeningen worden gemaakt welke voldoen aan de RvA richtlijnen.

In kwaliteitssystemen, bijvoorbeeld ISO 9001, worden in productiebedrijven steeds meer geëist dat apparatuur traceable gekalibreerd dient te zijn. Om aan deze vraag te voldoen wil Mitutoyo haar RvA-erkenning uitbreiden met bovenstaande apparatuur.

De opzet van de verslaggeving kan afwijken met de door de hogeschool gebruikelijke richtlijnen in verband met standaardisatie.

Als student van de Hogeschool van Utrecht, afstuderend in de richting Commercieel Technisch Ingenieur, heb ik deze opdracht uitgevoerd ten behoeve van de afronding van mijn studie.

In het algemeen wil ik Mitutoyo Nederland BV bedanken voor het beschikbaar stellen van deze opdracht. De collega's op de Field Service, met aan het hoofd Ron Muijt wil ik in het bijzonder bedanken voor de goede en leerzame begeleiding. Ook Henny Rademaker bedankt voor de begeleiding vanuit de Hogeschool.

Samenvatting.....	1
Voorwoord	2
1 Inleiding	5
1.1 EA en RvA	5
1.2 Kalibratie instructie.....	6
1.3 Onzekerheidsbudgetten.....	7
2 Meetonzekerheid volgens de richtlijn EA-4/02	7
2.1 Type A evaluatie	8
2.2 Type B evaluatie	8
2.3 Meetonzekerheid	8
2.4 Kalibratie onzekerheid	9
2.5 De Salesafdeling	10
3 Laser scan micrometer	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Principe	11
3.3 verrichten van metingen.....	13
4 Kalibratie laser scan micrometer.....	13
4.1 Kalibratie instructie.....	14
5 Onzekerheidsbudget laser scan micrometers	14
5.1 Systeemformule	14
5.2 Onzekerheidsbronnen	15
5.2.1 Afwijking ten opzichte van het referentie kaliber.....	15
5.2.2 Verschil in thermische expansie	16
5.2.3 Reproduceerbaarheid	17
5.2.4 Afwijking ten opzichte van de positionering	17
5.2.5 Uitlijnfout.....	18
5.3 Gecombineerde onzekerheid.....	19
5.4 Beste nauwkeurigheidsgrenzen.....	19
6 Hoogtemeter.....	20
6.1 Inleiding	20
6.2 Principe	21
7 Kalibratie van hoogtemeters	21
7.1 Kalibratie instructie.....	22
8 Onzekerheidsbudget hoogtemeter.....	22
8.1 Systeemformule voor de lineariteit.....	22
8.2 Onzekerheidsbronnen	23
8.2.2 Verschil in thermische expansie	24
8.2.3 Resolutiefout	25
8.2.4 Uitlijnfout.....	25
8.2.5 Dispersie	26
8.3 Gecombineerde onzekerheid.....	26
8.4 Vergrote onzekerheid.....	27
8.5 Systeemformule voor haaksheid	27
8.6 Onzekerheidsbronnen	27
8.7 Gecombineerde onzekerheid.....	28
8.8 Beste nauwkeurigheidsgrenzen.....	28
9 VL-50 Low force hoogtemeter	29
9.1 Inleiding	29
9.2 Principe	30
10 Kalibratie VL-50	30

10.1 Kalibratie instructie..... 30

11 Onzekerheidsbudget..... 31

12 Kalibratieprijzen 31

13 Conclusie..... 32

1 Inleiding

Mitutoyo Nederland BV wil haar RvA erkenning uitbreiden voor verschillende meetinstrumenten, omdat afnemers van die meetinstrumenten geacht worden dat apparatuur 'traceable' gekalibreerd dient te zijn. Ook omdat Mitutoyo innoveert en zijn positie als marktleider wil behouden en verbeteren.

De volgende meetinstrumenten komen hiervoor in aanmerking: de Laser Scan Micrometer, vlakplaten en de hoogtemeters. Als basis voor deze uitbreiding dienen de kalibratie instructies en de bijhorende onzekerheidsberekeningen voor bovengenoemde apparatuur.

De Mitutoyo Laser Scan Micrometer (LSM) is een nauwkeurig, contactloos meetsysteem waarmee eenvoudig en zeer snel werkstukken gemeten kunnen worden met een precisiegerichte laserstraal

Hoogtemeters in combinatie met vlakplaten. Vlakplaten worden gebruikt als referentie om gefabriceerde producten uit te kunnen richten. Hoogtemeters die tevens op deze vlakplaten staan worden gebruikt om maten aan het product op te meten

VL-50 Low-force hoogtemeter. Met behulp van dit meetinstrument kunnen maten aan zachte materialen gemeten worden.

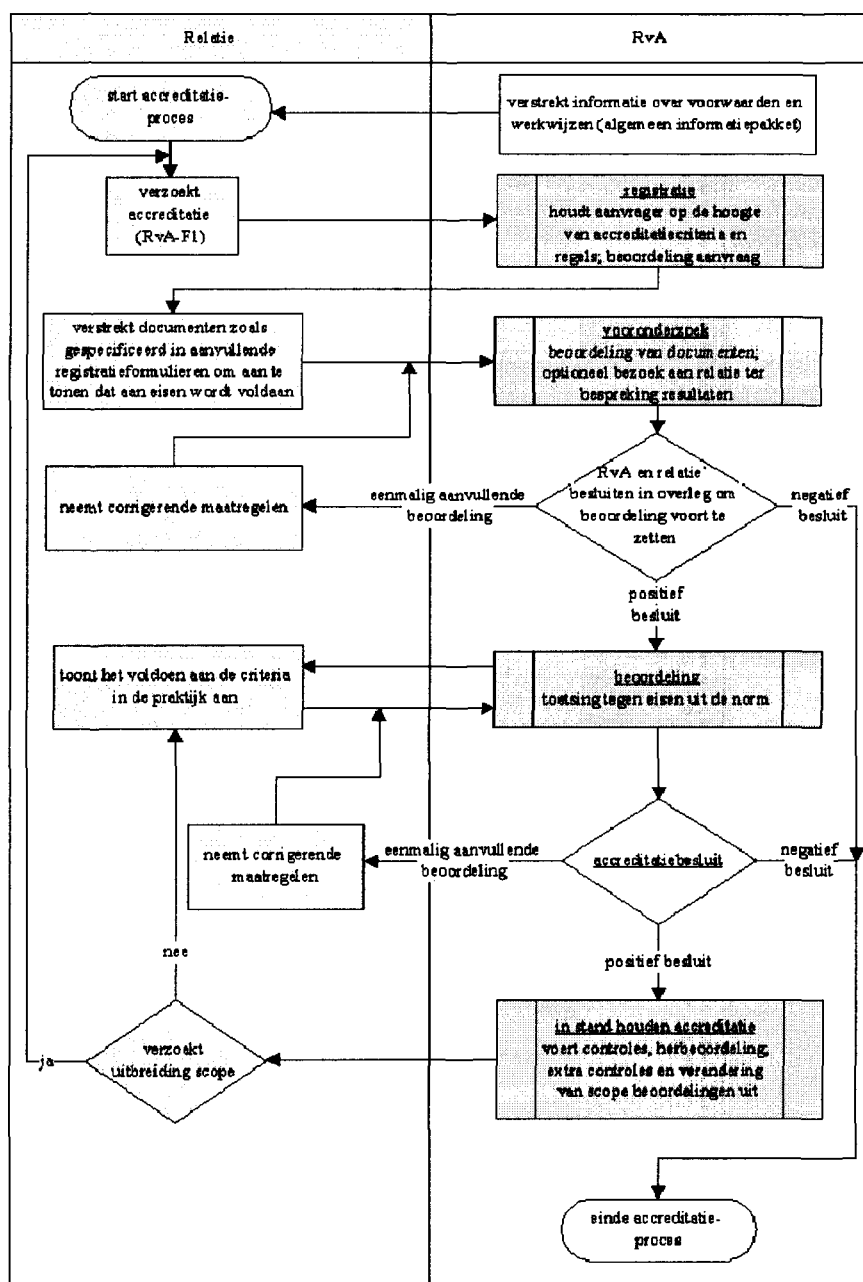
Dit verslag brengt de kalibratie instructies en de onzekerheidsberekeningen in kaart van bovengenoemde meetapparatuur.

1.1 EA en RvA

De EA is een samenvoeging van de EAL en de EAC, respectievelijk de laboratoria en de certificerende instellingen. EA staat voor 'European co-operation for Accreditation'. De EA wordt gezien als een overkoepelende organisatie die de gang van zaken op Europees niveau regelt. Met name de kalibraties en het opstellen en afgeven van certificaten behoort tot hun belangrijkste taken.

In Nederland dient de RvA de richtlijnen van de EA te volgen. RvA staat voor 'Raad voor Accreditatie'. De Raad voor Accreditatie is een stichting zonder winstoogmerk onder Nederlands recht. De RvA biedt accreditatie (het erkennen van echtheid) aan instanties zoals certificatie en inspectie-instellingen en test- en kalibratielaboratoria ten behoeve van de marktpartijen en overheidsinstellingen. De RvA houdt dagelijks toezicht op instellingen die de kwaliteit beoordelen van onder andere producten, werkprocessen en meetinstrumenten. De resultaten van de onderzoeken van de RvA zijn van groot belang voor het bedrijfsleven en de maatschappij, specifiek op de gebieden veiligheid, volksgezondheid en milieu.

Eén van de richtlijnen is de EA-4/02. Het doel van de EA-4/02 is het harmoniseren van de onzekerheidsberekeningen binnen de EA instellingen. De EA-4/02 is geconcentreerd op de meeste geschikte methode voor metingen in kalibratielaboratoria en op het beschrijven van de meetonzekerheid. Het accreditatieproces van een in te vullen instelling is in figuur 1 afgebeeld.



Figuur 1 proces accreditatie tov een relatie

1.2 Kalibratie instructie

Om nu eens een goed beeld te krijgen van kalibreren, moeten we eerst weten wat kalibreren nu eigenlijk is. Kalibreren is het bepalen van de waarde van de afwijking van een meetmiddel of een referentiemateriaal ten opzichte van een van toepassing zijnde standaard en, indien noodzakelijk, het bepalen van andere metrologische eigenschappen (NEN 2649). Aan de hand van de handleiding en bestudering van het meetinstrument kunnen kalibratie instructies worden opgesteld. De instructies hebben als doel om het kalibreren van het desbetreffende meetinstrument goed in kaart te brengen. Hierdoor worden misverstanden zoveel mogelijk uitgesloten. De meettechnici moeten namelijk op exacte wijze dezelfde metingen verrichten en uitvoeren.

Bij het bepalen van deze procedure spelen de volgende factoren een rol spelen, namelijk :

- opgegeven specificaties
- werking van het desbetreffende meetinstrument
- ervaring van technici die de kalibratie uitvoeren
- nauwkeurigheid van het desbetreffende meetinstrument
- de nauwkeurigheidsgrenzen waarnaar men streeft

Naast de procedure voor kalibratie wordt in de instructie tevens een verwijzing aangegeven naar bestanden. Deze bestanden kunnen geopend worden om onder andere kalibratie formulieren in te voeren met meetgegevens en het archiveren van data.

1.3 Onzekerheidsbudgetten

Nadat een kalibratie instructie is geformuleerd worden onzekerheidsbudgetten opgemaakt. Een onzekerheidsbudget heeft tot doel de onzekerheid van de kalibratie te bepalen, ofwel de onzekerheid waarmee de afwijking van het te kalibreren meetinstrument is vastgelegd. In de onzekerheidsberekening worden de beste nauwkeurigheidsgrenzen berekend. De beste nauwkeurigheidsgrenzen worden gedefinieerd als de kleinste meetonzekerheid die een laboratorium kan halen binnen de reikwijdte van de accreditatie. Mitutoyo streeft naar een zo laag mogelijke onzekerheid. Dit is lastig te bereiken, omdat er in meetprocessen meerdere fouten of afwijkingen voorkomen, bijvoorbeeld :

- nauwkeurigheid testapparaat
- uitlijnfouten
- temperatuurverschillen
- verschil in expansie coëfficiënt product en meetinstrument
- afleesfouten
- ‘‘random errors’’ (bijvoorbeeld trillingen)
- dispersie

2 Meetonzekerheid volgens de richtlijn EA-4/02

Er zijn twee typen evaluatie van de meetonzekerheid mogelijk. Type A en type B. Type A evaluatie van standaardonzekerheid is de wijze van bepalen van de onzekerheid door de statistische analyse van een bepaald aantal waarnemingen. In dit geval is de standaardonzekerheid gelijk aan de experimentele standaardafwijking van het gemiddelde. Type B evaluatie is daarentegen een bepaling van de onzekerheid met andere middelen dan statistische analyse van een bepaald aantal waarnemingen. De bepaling berust hierbij op wetenschappelijke kennis. Voor een duidelijker beeld tussen type A en type B de volgende voorbeelden:

Type A	-Bewijsbaar/aantoonbaar	Type B	-Aanname
	-Waarnemingen		-Wiskundige benadering
			-Gegevens uit historie

2.1 Type A evaluatie

De type A evaluatie kan worden toegepast als er een reeks onafhankelijke metingen onder dezelfde meetomstandigheden zijn uitgevoerd. Bij een verschil tussen de gemeten waarde, constateren we een bepaalde spreiding.

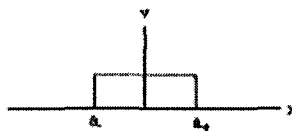
2.2 Type B evaluatie

De wetenschappelijke kennis kunnen we onderverdelen in de volgende punten

- vroegere meetgegevens
- ervaring met of algemene kennis omtrent het gedrag en de eigenschappen van betreffende materialen en instrumenten
- specificaties van de fabrikant
- gegevens door kalibratie en uit andere certificaten
- onzekerheden toegekend aan referentiegegevens ontleend aan handboeken.

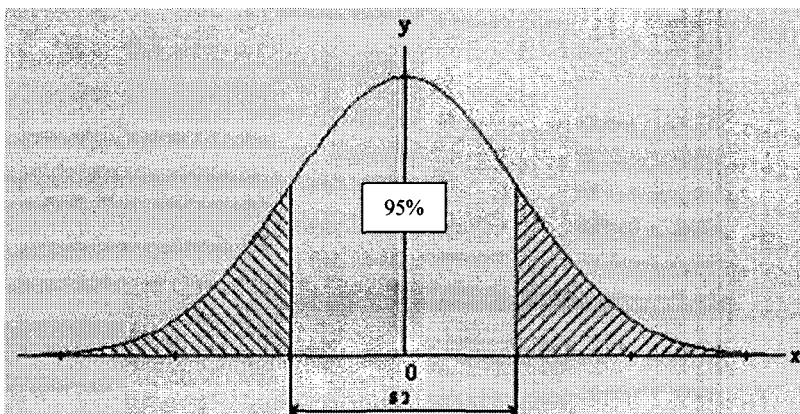
Voor een wiskundige benadering voor de onzekerheid (u) met de daarbij behorende grenzen(a), gebruiken we de formule volgens de rechthoekige verdeling, namelijk :

$$u = \sqrt{\frac{1}{12}(a_+ - a_-)^2} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$



2.3 Meetonzekerheid

Nadat we alle onzekerheden bepaald hebben worden de waarden kwadratisch opgeteld en tenslotte wordt daaruit de wortel genomen. Deze waarde wordt vervolgens vermenigvuldigd met een dekkingsfactor(k), omdat binnen de EA besloten is dat instellingen die geaccrediteerd zijn door leden van de EA een totale onzekerheid(U) moeten opgeven. Om de totale onzekerheid te krijgen nemen we voor $k=2$ wat overeenkomt met een betrouwbaarheid van 95% volgens de kromme van Gauss, zie figuur 2.1



Figuur 1 Gausse kromme $k=2$.

2.4 Kalibratie onzekerheid

De specificaties van een meetinstrument wordt meestal opgegeven met een lengte onafhankelijke factor en een lengte afhankelijk factor, bijvoorbeeld :

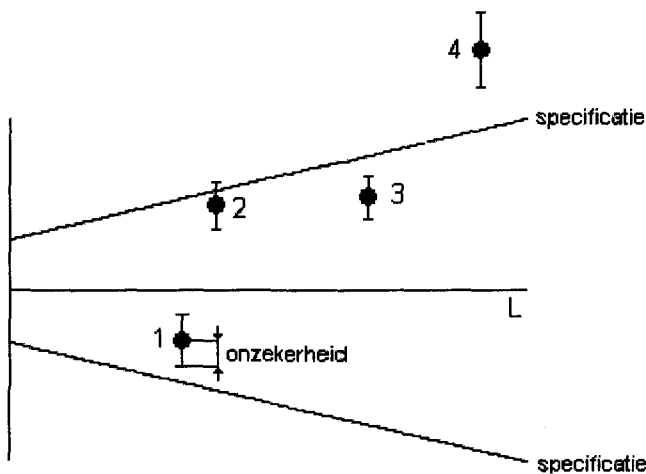
$$s = 2,1 \mu\text{m} + 2.10^{-6} .L$$

Bij de uitvoering van een kalibratie willen we meetwaarden vinden die binnen de specificaties liggen. Als we met grote zekerheid willen vaststellen dat een meetwaarde binnen de specificaties ligt, stellen we eerst de kalibratie onzekerheid vast waarmee de meetwaarden zijn bepaald. Deze kalibratie onzekerheid heeft ook een lengte onafhankelijke en een lengte afhankelijk factor, bijvoorbeeld :

$$s = 0,4 \mu\text{m} + 1.10^{-6} .L$$

Specificaties en onzekerheden gelden zowel in de positieve richting als in de negatieve richting tenzij anders vermeld.

In figuur 2.1.1 is schematisch een meting weergegeven van een viertal meetwaarden bij een kalibratie van een meetinstrument.

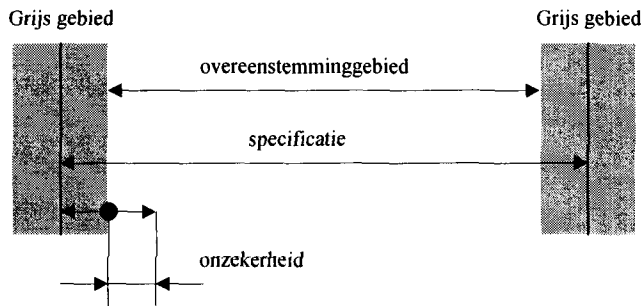


figuur 2.1.1 Voorbeeld meting bij kalibratie

Meetpunten 1 en 3 liggen binnen de specificaties. Meetpunt 4 duidelijk niet. Meetpunt 2 bevindt zich in een grijs gebied, waardoor we niet met een bepaalde zekerheid kunnen vaststellen of deze waarde aan de opgegeven specificaties voldoet.

De onzekerheid bepaald de grootte van het overeenstemminggebied van de specificatie en de gemeten kalibratie waarde.

Mitutoyo streeft ernaar om de onzekerheden zo klein mogelijk te houden, waardoor automatisch de grijze gebieden kleiner worden. Zie figuur 2.1.2 voor een schematische weergave van deze situatie :



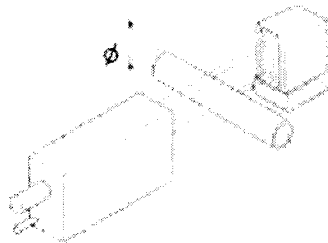
Figuur 2.1.2 Schematische weergave grijze gebied

Het aantal onzekerheden die in een onzekerheidsbudget worden opgesteld, bepalen de grootte van het overeenstemminggebied. Hoe meer onzekerheden er voorkomen des te kleiner het overeenstemminggebied. Hoe kleiner het overeenstemminggebied, des te groter de kans dat de kalibratie waarden die men vind in het grijze gebied liggen.

2.5 De Salesafdeling

In het geval van de salesafdeling van Mitutoyo is het belangrijk om over de grijze gebieden afspraken te maken met de klant. De grijze gebieden worden gepresenteerd als de beste nauwkeurigheidsgrenzen. Enige vorm van klimaatveranderingen bij de klant is cruciaal voor de haalbaarheid van de voorgeschreven onzekerheid.

3 Laser scan micrometer



3.1 Inleiding

De Mitutoyo Laser Scan Micrometer (LSM) is een nauwkeurig, contactloos meetsysteem waarmee eenvoudig en zeer snel werkstukken gemeten kunnen worden met een precisiegerichte laserstraal.

Er bestaan verschillende laser scan micrometers met verschillende bereiken, zoals in figuur 3.1

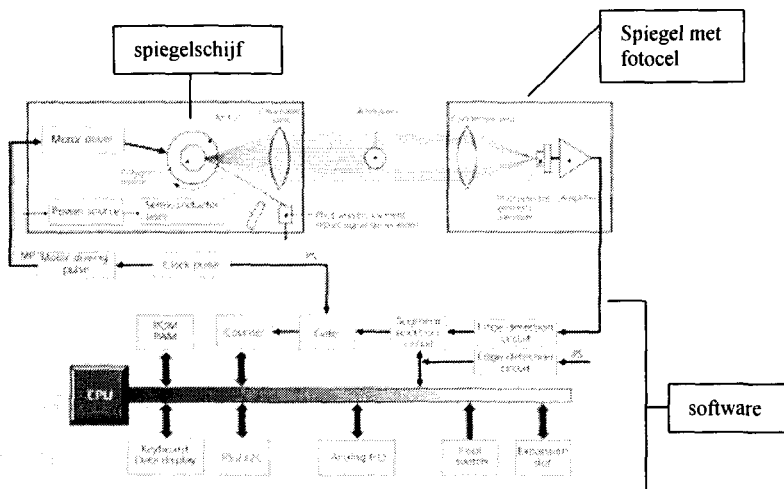
	500H
	501H
	503H
	506H
	LSM-902
	9506N

Type	Range
500H	0,005 -2
501H	0,05 -10
503H	0,3 -30
506H	1 -60
902	0,1 -25
9506N	0,5 -60

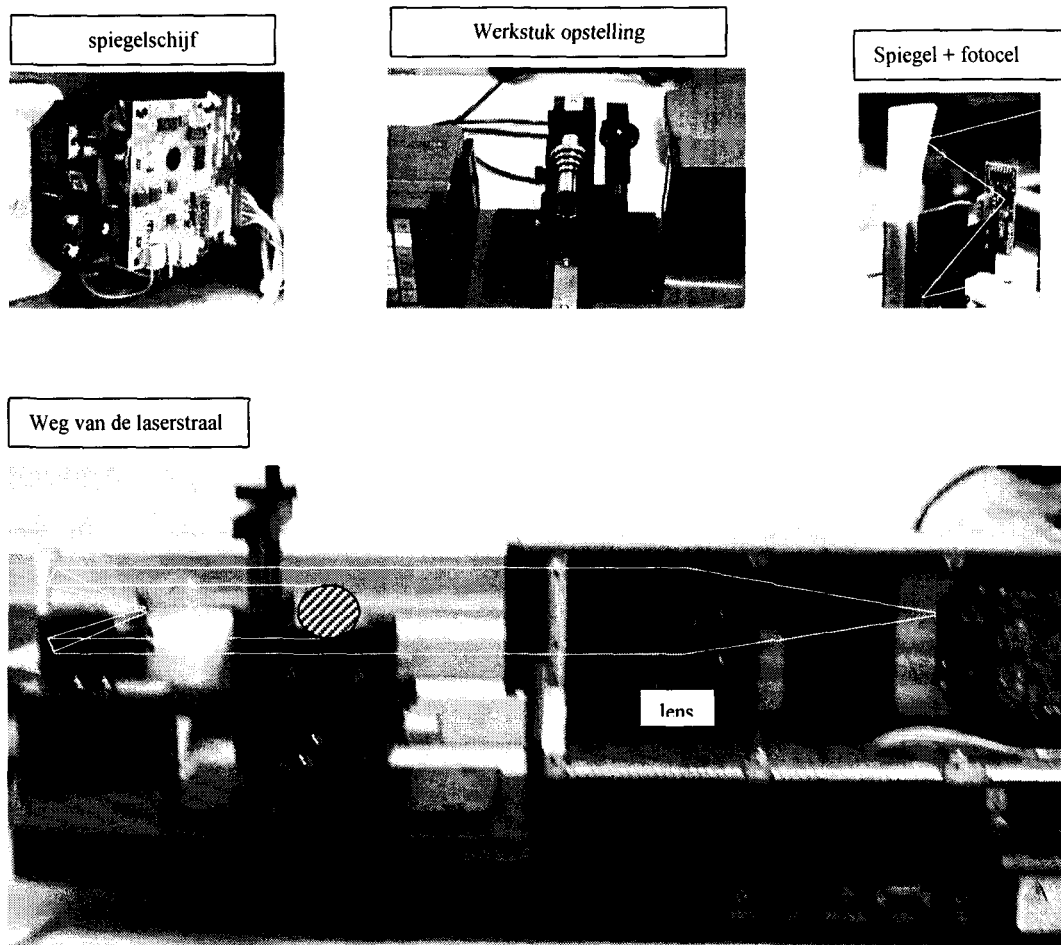
Figuur 3.1 verschillende types laser scan micrometers + range

3.2 Principe

De laser scan micrometer werkt volgens het principe van figuur 3.2. Een laserstraal wordt opgewekt en vervolgens door een ronddraaiende schijf met spiegels met een hoge snelheid verstrooid. De laserstraal wordt door de eerste lens getransleerd in een egale vorm tot de volgende lens of spiegel, waarbij de laserstraal weer wordt geconcentreerd op één punt. Via dit punt, de zogenaamde fotocel, wordt het signaal versterkt door een versterker en omgezet in een digitale code via software. De waarden van de afmetingen van de producten die tussen de twee lenzen liggen kunnen digitaal worden afgelezen met een ingestelde resolutie.

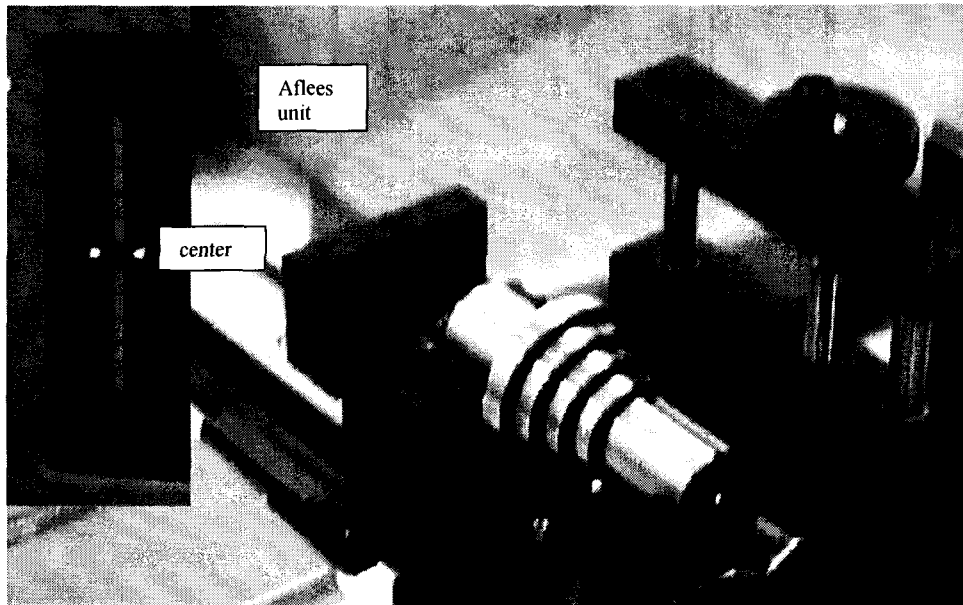


figuur 3.2 Principe laser scan micrometer



3.3 verrichten van metingen

Een product kan eenvoudig gemeten worden door middel van een instelbare oplegconstructie, zoals in figuur 3.3 is afgebeeld.



figuur 3.3

Voordat de klant producten gaat meten, moet men de laser scan micrometer instellen met een kaliber. Een kaliber is een standaard, waarbij je later de afwijking van je product kan benaderen. Het kaliber is gekalibreerd door het Nederlands Meetinstituut(NMI). Op het certificaat van het kaliber staat de werkelijke maat. Er zijn twee soorten kalibers, namelijk een Low Cal en een High Cal kaliber. Respectievelijk de kleinste diameter en de grootste diameter.

Het is ontzettend belangrijk dat het kaliber op de juiste manier gepositioneerd wordt. Daarom houden we de volgende procedure aan :

- Positioneer het kaliber op het oog in het midden (center) ten opzichte van de afleesunit
- Draai het kaliber naar beneden tot één rode led verdwijnt onder de center
- Draai het kaliber naar boven totdat er één rode led verdwijnt boven de center en tel de omwentelingen
- Draai het kaliber naar beneden met de helft van het aantal getelde omwentelingen

De laser scan micrometer is klaar voor de meetprocedure.

4 Kalibratie laser scan micrometer

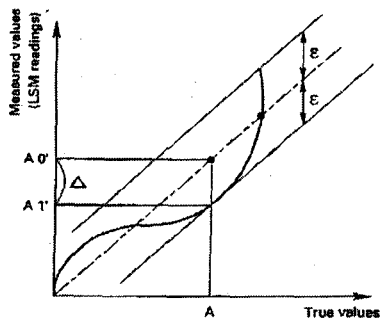
De kalibratie van Mitutoyo verschilt met de kalibratie die de klanten uitvoeren. Bij iedere laser scan micrometer worden twee kalibers geleverd, afhankelijk van het bereik. De klant stelt de laser scan micrometer in met de Low Cal en de High Cal kalibers.

Mitutoyo controleert de lineariteit van de micrometer. Door middel van een kalibratie methode die stapsgewijs alle tussenliggende maten meet tussen de Low Cal en de High Cal.

De eerste stap is dezelfde procedure als de afnemers doorlopen, namelijk het instellen van de laser scan micrometer met een Low Cal en een High Cal kaliber. Bijvoorbeeld een Low Cal kaliber van 0,5 mm en een High Cal kaliber van 60 mm.

De tweede stap is een methode waarbij we in stappen de tussenliggende maten meten. Bijvoorbeeld 1 mm tot en met 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm enzovoorts.

Vervolgens noteren we de gemeten waarden in een invulblad en controleren we de lineariteit van de laser scan micrometer. Onder lineariteit wordt verstaan, dat de gemeten waarden tussen de specificaties liggen, zoals in figuur 4 is afgebeeld.



ε = afwijking
 A_0 = werkelijke waarde
 A_1 = gemeten waarde

Figuur 4 Lineariteit

4.1 Kalibratie instructie

De kalibratie instructie van de laser scan micrometer is ter inzage in de bijlagen toegevoegd. Bij de kalibratie van de laser scan micrometer wordt gebruik gemaakt van een standaard in Excel opgemaakt formulier. Naast alle meetdata worden tevens de klantgerelateerde en apparaatgerelateerde gegevens, het SAM volgnummer, kalibratiedata en de naam van de meettechnicus ingevuld.

Na alle gegevens ingevuld te hebben kan nu een RvA – certificaat opgemaakt worden.

5 Onzekerheidsbudget laser scan micrometers

De onzekerheidsberekening heeft uitsluitend betrekking op de kalibratie van een laser scan micrometer. In de berekening wordt uitgegaan van de beste waarden die bij de kalibratie kunnen voorkomen. De volledige berekening van de onzekerheden is toegevoegd in de bijlagen. Dit hoofdstuk behandelt de totstandkoming van alle onzekerheden die zijn voorgekomen.

5.1 Systeemformule

Door stapsgewijs alle onzekerheden te checken die kunnen voorkomen bij de kalibratie procedure van een laser scan micrometer, kunnen we een systeemformule opstellen. De relevante onzekerheden die voorkomen zijn :

- Referentie kaliber afwijking

- Verschil in thermische uitzetting tussen referentie kaliber en de laser scan micrometer
- Dispersie
- Afwijking ten opzichte van de positionering
- uitlijnfout

Hieruit volgt een systeemformule of functiemodel, die een indicatiefout E_{LSM} weergeeft. Uitgaande van een standaard temperatuur van $t_{90}= 20^{\circ}\text{C}$.

$$E_{LSM} = D_{LSM} - D_{ref} + D_{ref} \cdot (\alpha_{LSM} \cdot \delta t_{LSM} - \alpha_{ref} \cdot \delta t_{ref}) + \delta_{disp} + \delta_{pos} + \delta_{align}$$

Met :

E_{LSM}	= indicatiefout van de laser scan micrometer
D_{LSM}	= diameter indicatie van de laser scan micrometer
D_{ref}	= diameter referentiekaliber
α_{LSM}	= uitzetting van het referentie LSM
α_{ref}	= uitzetting van de referentie kaliber
δt_{LSM}	= temperatuur van de LSM ten opzichte van $t_{90}= 20^{\circ}\text{C}$
δt_{ref}	= temperatuur referentie kaliber ten opzichte van $t_{90}= 20^{\circ}\text{C}$
δ_{disp}	= dispersie
δ_{pos}	= afwijking ten opzichte van de positionering
δ_{align}	= uitlijnfout
t_{90}	= temperatuur volgens ISO 1

Bovenstaande onzekerheden worden apart toegelicht in de volgende paragrafen

5.2 Onzekerheidsbronnen

5.2.1 Afwijking ten opzichte van het referentie kaliber

De diameter van het referentiekaliber is in een certificaat opgenomen door het desbetreffende bedrijf die de kalibratie van het kaliber op zich heeft genomen. De waarde voor de onzekerheid is bij het NMI bepaald op een bepaalde waarde. De onzekerheid die hoort bij het referentie kaliber is :

$$u(D_{ref}) = 0,1 \mu\text{m} + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L \quad (k=1)$$

De onrondheid wordt niet meegenomen in het onzekerheidsbudget, omdat we tijdens de kalibratie op dezelfde plaats meten als het NMI.

De afmeting kan in de loop der tijd veranderen door temperatuurschommelingen. Dit verschijnsel wordt drift genoemd. Hierdoor moeten de kalibers regelmatig gekalibreerd worden.

De aanname voor drift is volgens het NMI :

$$\delta_{drift} = 0,02 \mu\text{m} + 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot D \quad (k=1)$$

De totale onzekerheid ten opzichte van de referentie standaard wordt dan:

$$u^2(\delta_{ref}) = u^2(\delta_{drift}) + u^2(D_{ref})$$

5.2.2 Verschil in thermische expansie

Tijdens temperatuurwisselingen zet materiaal uit. De expansie van de meetapparatuur veroorzaakt op die manier een te grote of een te kleine waarde. De onzekerheid die daarmee samengaat moet worden meegenomen in het onzekerheidsbudget.

In het geval van de laser scan micrometer hebben we te maken met drie factoren die te maken hebben met thermische expansie, namelijk :

- De referentiehouder
- Het referentie kaliber
- De laser scan micrometer

De referentiehouder zet uit, maar dit heeft geen invloed op de meting zelf.

Het referentie kaliber zet uit, met een directe invloed op de meting. We meten immers een te grote waarde, maar dit is later te compenseren. De waarde van de lineaire uitzettingscoëfficiënt van het kaliber $\alpha_{ref} = (10,8 \pm 1) (\mu\text{m/m})/^{\circ}\text{C}$

De waarde van de expansie van de laser scan micrometer is bepaald. Dit is een combinatie van verschillende factoren, waarbij we proefondervindelijk de waarden kunnen meten. De expansie van de laser scan micrometer is met een test gedaan, er is in verschillende omgevingen gemeten met verschillende temperaturen met een kaliber met dezelfde temperatuur als de meetkamer. Na de gegevens ingevoerd te hebben is de thermische uitzettingscoëfficiënt bepaald op $\alpha_{LSM} = (9,2 \pm 1) (\mu\text{m/m})/^{\circ}\text{C}$

Uit het voorgaande kunnen we afleiden dat men een meting het beste kan verrichten bij een temperatuur van 20°C, volgens ISO 1. Bij een toenemende afwijking van de omgevingstemperatuur ten opzichte van het kalibratie materiaal gaan de onzekerheden met betrekking tot de thermische uitzetting van de laser scan micrometer en het referentie kaliber een grote rol spelen.

De klimaatbeheersing van de klant is dus een belangrijk deel van de grootte van de waarde van de onzekerheid.

5.2.3 Reproduceerbaarheid

Deze afwijking is terug te vinden in de specificaties van de fabrikant. Onder reproduceerbaarheid verstaan we afwijkingen die hebben te maken met de volgende onderdelen :

- resolutie
- dispersie

In het algemeen stellen we dat de grootste van de twee meetwaarden geformuleerd wordt als de onzekerheid ten opzichte van de dispersie

5.2.3.1 Resolutie

De resolutie kan voor een afwijking in de meetwaarde zorgen. De resolutie van een laser scan micrometer is instelbaar. Bijvoorbeeld de kleinste resolutie van laser scan micrometers is $0,1\ \mu\text{m}$ wat een range inhoud van $\pm 0,05\ \mu\text{m}$. Vervolgens kunnen we de onzekerheid benaderen met een rechthoekige verdeling.

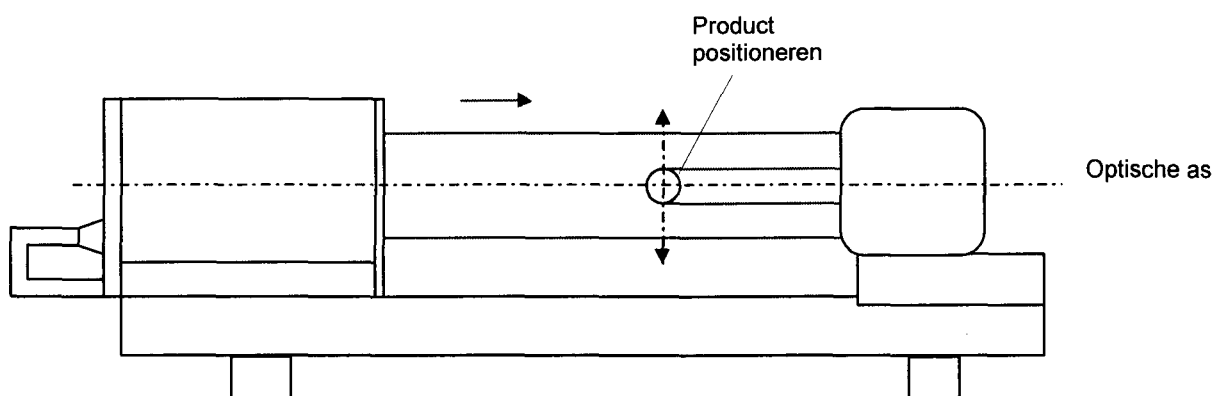
5.2.3.2 Dispersie

De afwijking hebben we in dit geval bepaald door diverse herhalingsmetingen toe te passen. Drie personen meten onafhankelijk van elkaar dezelfde producten met dezelfde meetmiddelen. Van daaruit wordt de onderlinge afwijking vastgesteld.

Uit de metingen is gebleken dat in het geval van de laser scan micrometer de waarde van de dispersie groter is dan de waarde van de resolutie.

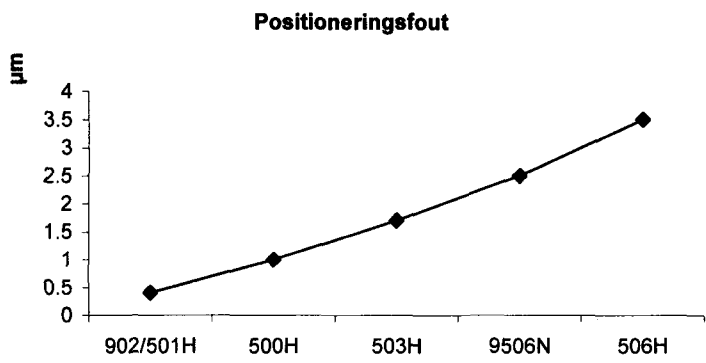
5.2.4 Afwijking ten opzichte van de positionering

Voor de afwijking in de positionering onderscheiden we twee soorten afwijkingen, namelijk de afwijking in de optische as richting en een afwijking in de scanrichting. Zie figuur 5.2.4 :



Figuur 5.2.4 principe positionering

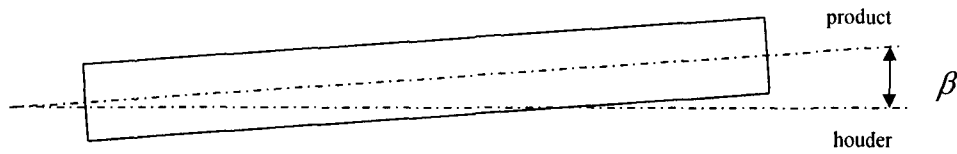
De benadering voor de algemene afwijking door de positionering kan worden afgelezen in grafiek 1 bij het type laser.



Grafiek 1 Afwijking ten opzichte van het positioneren

5.2.5 Uitlijnfout

Onder een uitlijnfout verstaan we de afwijking in de constructie met betrekking tot de producthouder. In figuur 5.2.5 zien we een situatie hoe een uitlijnfout ontstaat.



figuur 5.2.5 uitlijnfout

5.3 Gecombineerde onzekerheid

Alle onzekerheden worden gecombineerd tot één onzekerheid door deze kwadratisch op te tellen. Zie de onzekerheden die in tabelvorm zijn weergegeven :

Invloedsfactor	Symbol	Onzekerheid (µm) <i>U(x) Low Cal</i>	Onzekerheid (µm) <i>U(x) High Cal</i>
Referentie kaliber	δ_{ref}	$1,0 \cdot 10^{-6} \text{ µm}$	$1,0 \cdot 10^{-6} \text{ µm}$
Dispersie	δ_{disp}	0,4 µm	0,4 µm
Afwijking ten opzichte van de positionering	δ_{pos}	0,23 µm	0,23 µm
Uitlijnfout	δ_{align}	0 µm	0 µm
Expansie	δ_{exp}	0 µm	0,2 µm
Gecombineerde onzekerheid	u_c	0,46 µm	0,5 µm

Tabel 1 Gecombineerde onzekerheid

5.4 Beste nauwkeurigheidsgrenzen

De naar boven toe afgeronde, vergrote onzekerheid is de onzekerheid die men claimt en naar buiten toe presenteert. Dit zijn de beste nauwkeurigheidsgrenzen.
De onzekerheid die we hebben bepaald voor de laser scan micrometer is :

$$u_{LSM} = 0,92 \mu m + 1,34 \cdot 10^{-6} \cdot L$$

$$k=2$$

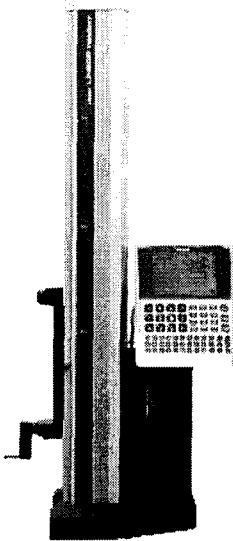
De totale uitgewerkte onzekerheidsberekening is toegevoegd in de bijlagen onder nummer I-400-68.

6 Hoogtemeter

6.1 Inleiding

De multifunctionele hoogtemeter LH 600B "Linear Height" is een nauwkeurig meetsysteem met een resolutie van 0,1 μm . Verder is de hoogtemeter voorzien van :

- luchtgelagerde voet voor vederlichte verplaatsing over de vlakplaat
- overzichtelijk toetsenbord met duidelijke symbolen (gebruiksvriendelijk)
- groot en duidelijk grafisch display met verlichting
- automatische herhaling met behulp van opgeslagen meetprogramma's
- directe GO/NG tolerantiebeoordeling
- totale vrijheid van beweging dankzij de ingebouwde accu en compressor
- laag gewicht
- vele accessoires mogelijk



Hoogtemeter LH 600B

De hoogtemeter wordt gebruikt voor 1D en/of 2D metingen en berekeningen. Verder kunnen we gebruik maken van de opties voor :

- max/min hoogtemeting (bovenvlak of ondervlak)
- diameter (gat of as)
- afmeting (in-of uitwendig)
- hoekberekening
- afstandsberekening
- steekcirkels
- bepalen van haaksheid, rechtheid, hoek en vlakheid

6.2 Principe

De hoogtemeter werkt semi-automatisch. De hoogtemeter wordt verplaatst door middel van een door luchtdruk bepaald systeem. Door een simpele druk op de knop activeren we de ingebouwde compressor die via de luchtlagers in de voet de hoogtemeter verplaatst naar een gewenste positie. De meetfuncties op het grafisch display kunnen worden geactiveerd voor verschillende meetuitvoeringen. De hoogtemeter verplaatst de taster automatisch na een commando vanuit de software.

In een hoogtemeter zit een glasliniaal, die gekoppeld is aan software. De glasliniaal meet de verplaatsing van de taster in verticaal opzicht.

7 Kalibratie van hoogtemeters

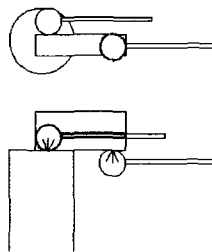
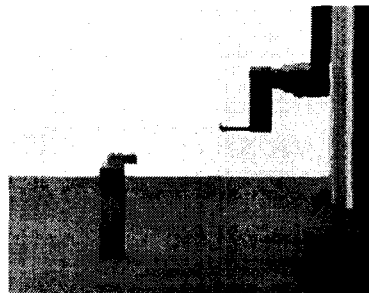
Mitutoyo wil de kalibratie van hoogtemeters uitvoeren op locatie. De kalibratie van Mitutoyo verschilt met de kalibratie die de klanten uitvoeren. Bij iedere hoogtemeter wordt een standaard geleverd, afhankelijk van het bereik.

Mitutoyo controleert de lineariteit van de hoogtemeter door middel van een kalibratie methode die stapsgewijs alle tussenliggende maten meet. De eerste stap is dezelfde procedure als de afnemers doorlopen, namelijk het instellen van de hoogtemeter met een standaard. Daarbij is het belangrijk dat de diameter van de taster ingevoerd wordt. Zie figuur 7.2



← Figuur 7.1
check-master

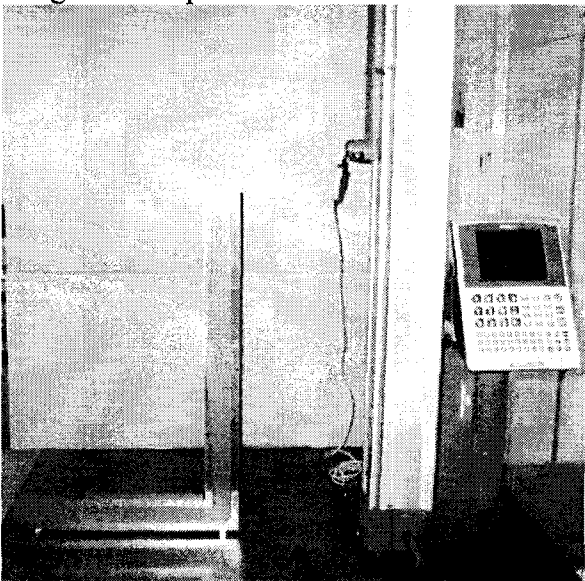
Figuur 7.2 →
standaard



De tweede stap is een methode waarbij we in stappen de tussenliggende maten meten met een check-master (zie figuur 7.1). Vervolgens noteren we de gemeten waarden in een invulblad en controleren we de lineariteit van de hoogtemeter.

Nadat de lineariteit is gecontroleerd, wordt de haaksheid gecontroleerd. De haaksheid controleren we met een hoekhaak. De hoekhaak wordt geplaatst op twee eindmaten volgens

figuur 7.3. Vervolgens plaatsen we een mu-checker in de houder en controleren we de hoogtemeter op haaksheid.



figuur 7.3 haaksheidmeting

7.1 Kalibratie instructie

De kalibratie instructie van de hoogtemeter is ter inzage in de bijlagen toegevoegd. Bij de kalibratie van de hoogtemeter wordt gebruik gemaakt van een standaard in Excel opgemaakt formulier. Naast alle meetdata worden tevens de klantgerelateerde en apparaatgerelateerde gegevens, het SAM volgnummer, kalibratiedata en de naam van de meettechnicus ingevuld. Na alle gegevens ingevuld te hebben kan nu een RvA – certificaat opgemaakt worden.

8 Onzekerheidsbudget hoogtemeter

De onzekerheidsberekening heeft betrekking op de kalibratie van een hoogtemeter, waarbij twee verschillende metingen worden beschreven. De lineariteit en de haaksheid. In de berekening wordt uitgegaan van de beste waarden die bij de kalibratie kunnen voorkomen. De volledige berekening van de onzekerheden is toegevoegd in de bijlagen. Dit hoofdstuk behandelt de totstandkoming van alle onzekerheden die zijn voorgekomen.

8.1 Systeemformule voor de lineariteit

Door stapsgewijs alle onzekerheden te controleren die kunnen voorkomen bij de kalibratie procedure van een hoogtemeter, kunnen we een systeemformule opstellen. Uitgaande van een standaard temperatuur van $t_{90} = 20^{\circ}\text{C}$, wordt deze systeemformule :

$$E_{lh} = h_{ilh} - l_r + l_r \cdot (\alpha_{lh} \cdot \delta t_{lh} - \alpha_r \cdot \delta t_r) + \delta h_i + \delta h_a + \delta h_d + \delta h_{sp}$$

Met :

- h_{ilh} = hoogte indicatie van de hoogtemeter
- l_r = lengte referentie bij $t_{90} = 20^{\circ}\text{C}$, afgeleidt van het certificaat

δh_{sp}	= vlakheid tolerantie
α_{lh}	= uitzetting van de hoogtemeter
δt_{lh}	= temperatuur verschil tussen hoogtemeter en $t_{90} = 20\text{ °C}$
α_r	= uitzetting van referentie
δt_r	= temperatuur verschil tussen referentie en $t_{90} = 20\text{ °C}$;
δh_i	= resolutiefout
δh_a	= uitlijnfout
δh_d	= dispersie

Bovenstaande onzekerheden worden apart toegelicht in de volgende paragrafen

8.2 Onzekerheidsbronnen

8.2.1 Lengte referentie

De meetcapaciteiten van een hoogtemeter, met een bereik van 1000 mm, worden gecontroleerd met een check-master. De check-master staat op het beste vlak van een vlakplaat. De onzekerheden die gerelateerd zijn aan de kalibratie zijn :

- drift van de check-master
- lengte van de check-master
- krimpwaarde van de check-master
- vlakheid van de vlakplaat

In de volgende paragrafen worden deze onzekerheden toegelicht.

8.2.1.1 Drift van de check-master

Voor een check-master zijn geen richtlijnen voor de maximale toelaatbare verandering in lengte per jaar. Daarom nemen we een waarde aan van het NMI. De waarde voor drift is :

$$\delta l_{drift} = \pm (0,02\text{ }\mu\text{m} + 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot l_{cm})$$

De onzekerheid wordt vervolgens :

$$u(\delta l_{drift}) = \sqrt{\left(\frac{1}{3} \cdot (0,02 + 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot l_{cm})^2\right)} \quad (k = 1)$$

8.2.1.2 Lengte van de check-master

De kalibratie service van Mitutoyo Nederland legt de waarden vast van de lengte en de variatie van de lengte van check-master met behulp van een interferometer.

De onzekerheid van de check-master is :

$$u(l_{cm}) = 0,06\text{ }\mu\text{m} + 0,17 \cdot 10^{-6} \cdot L_{cm} + 0,06\text{ }\mu\text{m} \quad (k = 1)$$

De totale onzekerheid van de check-master wordt uiteindelijk :

$$u(\delta l_{cm}) = \sqrt{u(\delta l_{drift})^2 + u(l_{cm})^2 + u(\delta l_{pfc m})^2}$$

8.2.1.3 Krimpwaarde van de check-master

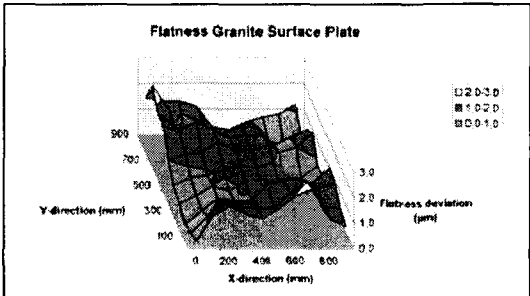
Omdat de check-master rechtop de vlakplaat staat hebben we te maken met een onzekerheid door krimp ten gevolge van de zwaartekracht. Met behulp van de wet van Hooke kunnen we de waarde benaderen voor de krimp van een check-master.

$$\delta l_s = - \frac{\rho \cdot g \cdot L_{cm}^2}{2E}$$

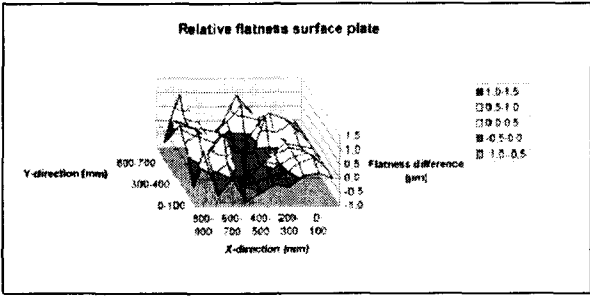
8.2.1.4 Vlakplaat

Tijdens de kalibratie bij de klant is het van groot belang dat de oppervlakte van de vlakplaat en het contactvlak van de check-master goed schoon zijn. De granieten vlakplaat heeft een bepaalde klasse, wat inhoudt dat de onzekerheid kan worden afgeleid uit de data uit de bijlagen.

Uit de gegevens van de kalibratie die op het desbetreffende certificaat staan blijkt dat de vlakplaat met een afmeting van (1000x1000) mm een maximale afwijking heeft van 2,4 μm en een meetonzekerheid heeft van ±1,7μm (k=2). Het is belangrijk dat we de check-master op een gunstige plaats zetten met een zo min mogelijke afwijking.



Uitslag kalibratie vlakplaat



8.2.2 Verschil in thermische expansie

Net als bij de laser scan micrometer zetten materialen uit tijdens temperatuurswisselingen. In het geval van de hoogtemeter hebben we te maken met twee factoren die te maken hebben met thermische expansie, namelijk :

- De check-master
- De hoogtemeter

De lineaire uitzettingscoëfficiënt voor de materialen zijn :

Equipment	Symbol	Material (JIS)	Coefficient of thermal expansion
Linear height	α_{lh}	Glass	$(8,1 \pm 1) (\mu\text{m/m})/^{\circ}\text{C}$
Check-master	α_{cm}	Steel	$(10,7 \pm 0,4) (\mu\text{m/m})/^{\circ}\text{C}$

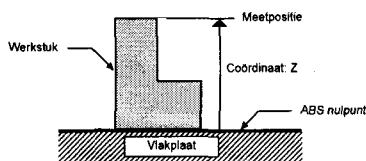
Als referentie voor de uitzetting van de hoogtemeter wordt de glasliniaal genomen. Deze glasliniaal verschilt namelijk in lengte door klimaatveranderingen.

Uit het voorgaande kunnen we afleiden dat men een meting het beste kan verrichten bij een temperatuur van 20°C, volgens ISO 1. Bij een toenemende afwijking van de omgevingstemperatuur ten opzichte van het kalibratie materiaal gaan de onzekerheden met betrekking tot de thermische uitzetting van de hoogtemeter en de check-master een grote rol spelen.

De klimaatbeheersing van de klant is dus een belangrijk deel van de grootte van de waarde van de onzekerheid.

8.2.3 Resolutiefout

Het nulpunt van de hoogtemeter is vastgelegd, voordat zijn meetbereik is gecontroleerd. De afwijking in het ABS nulpunt beïnvloedt de onzekerheid van de kalibratie. De laagste resolutie van de hoogtemeter is 0,0001 mm, we nemen volgens de rechthoekige verdeling aan dat de afwijking ten opzichte van de resolutie is $\pm 0,05 \mu\text{m}$:

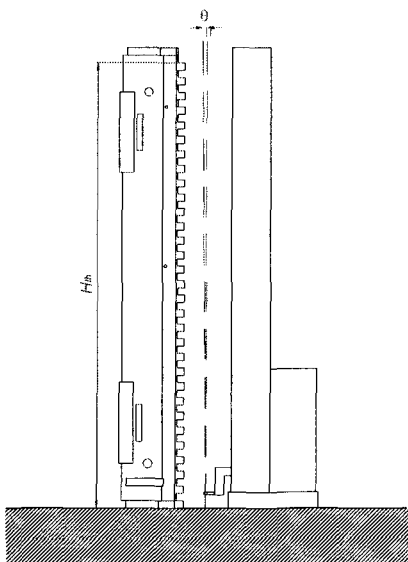


$$\text{Formule : } u(\delta h_i) = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot (0,05)^2} = 0,03 \mu\text{m}$$

8.2.4 Uitlijnfout

Tijdens een kalibratie of een meting is het van belang dat zowel de hoogtemeter als de check-master en/of product in één lijn staan met elkaar, zie figuur 8.2.4. Dit is vrijwel onhaalbaar door de onzekerheid van onder andere de vlakplaat. Daarvoor kunnen we een benadering geven voor de onzekerheid met behulp van de formule :

$$u(\delta h_a)^2 \approx \frac{(\text{Range})^2}{12} \approx \frac{1}{12} \left(\frac{1}{2} \cdot h_{th} \cdot \theta^2 \right)^2 \approx \frac{1}{48} \cdot h_{th}^2 \cdot \theta^4 \quad (k=1)$$



Figuur 8.2.4 Uitlijnfout

8.2.5 Dispersie

Sommige afwijkingen of onzekerheden zijn moeilijk te bepalen en daar is dispersie er één van. Om nu een algemene waarde voor de dispersie te krijgen laten we drie meettechnici onafhankelijk van elkaar dezelfde producten meten of kalibreren met dezelfde meetapparatuur. Van die gegevens wordt de onderlinge afwijking vastgesteld.

8.3 Gecombineerde onzekerheid

In tabel 8.3 worden alle onzekerheden gecombineerd tot één onzekerheid door deze kwadratisch op te tellen. Omdat er bij de klant niet altijd ideale omgevingscondities zijn, hebben we het onzekerheidsbudget uitgebreid met een vergrote temperatuur.

Bron(x_i)	Symbool	Standaard onzekerheid			
		20±1°C	20±2°C	20±5°C	20±10°C
Check-master	δl_{cm}	0,37 μm	0,37 μm	0,37 μm	0,37 μm
Shrinking error	δl_s	0 μm	0 μm	0 μm	0 μm
Surface plate	δh_{sp}	0,09 μm	0,09 μm	0,09 μm	0,09 μm
Difference in thermal expansion	δh_{re}	1,90 μm	3,38 μm	8,18 μm	16,26 μm
Resolution indicator	δh_i	0,04 μm	0,04 μm	0,04 μm	0,04 μm
Alignment error	δh_a	0 μm	0 μm	0 μm	0 μm
Dispersion	δh_d	0,52 μm	0,52 μm	0,52 μm	0,52 μm
Combined uncertainty	u_c	2,01 μm	3,44 μm	8,2 μm	16,27 μm

Table 8.3 Gecombineerde onzekerheid voor lineariteit

8.4 Vergrote onzekerheid

De vergrote onzekerheid krijgen we door de gecombineerde onzekerheid te vermenigvuldigen met een dekkingsfactor. De onzekerheid wordt dan bij verschillende temperaturen :

$t_{room} \approx t_{lh}$	Expanded uncertainty ($k=2$)
$20\pm1^{\circ}\text{C}$	$u_e = 1,14 \mu\text{m} + 2,88 \cdot 10^{-6} \cdot h_{lh}$
$20\pm2^{\circ}\text{C}$	$u_e = 1,14 \mu\text{m} + 5,74 \cdot 10^{-6} \cdot h_{lh}$
$20\pm5^{\circ}\text{C}$	$u_e = 1,14 \mu\text{m} + 15,26 \cdot 10^{-6} \cdot h_{lh}$
$20\pm10^{\circ}\text{C}$	$u_e = 1,14 \mu\text{m} + 31 \cdot 10^{-6} \cdot h_{lh}$

8.5 Systeemformule voor haaksheid

Uitgaande van een standaard temperatuur van $t_{90}= 20^{\circ}\text{C}$, wordt de systeemformule voor de berekening van de haaksheid :

$$E_{sq} = I_{mu} - I_{sq} + \delta_{mu} + \delta_{sp} + \delta_{exp} + \delta_{align}$$

Met :

- I_{mu} = Indicatie van de mu-checker
- I_{sq} = Afwijking van de hoekhaak op het betreffende certificaat bij een standaard temperatuur van $t_{90}= 20^{\circ}\text{C}$
- δ_{mu} = Afwijking van de mu-checker op het betreffende certificaat bij een standaard temperatuur van $t_{90}= 20^{\circ}\text{C}$
- δ_{sp} = Vlakheid van de vlakplaat tijdens de meting
- δ_{exp} = Fout door uitzetting tijdens de meting
- δ_{align} = uitlijnfout

8.6 Onzekerheidsbronnen

De onzekerheden komen overeen met de bij de kalibratie procedure gevonden afwijkingen, behalve de resolutiefout en de dispersie.

8.7 Gecombineerde onzekerheid

In tabel 8.4 worden alle onzekerheden gecombineerd tot één onzekerheid door deze kwadratisch op te tellen. Omdat er net als bij de controle voor de lineariteit bij de klant niet altijd ideale omgevingscondities zijn, hebben we het onzekerheidsbudget uitgebreid met een vergrote temperatuur.

Quantity (x_i)	Symbol	Estimate	Probability Distribution	Uncertainty Contribution $u(x_i)$			
				Class 00	Class 0	Class 1	Class 2
Squareblock	δ_{sq}	0,0 mm	rectangular	3,46 μm	3,46 μm	3,46 μm	3,46 μm
Mu-checker	δ_{mu}	0,0 μm	rectangular	0,2 μm	0,2 μm	0,2 μm	0,2 μm
Surface plate	δ_{sp}	0,0 μm	rectangular	1,47 μm	2,33 μm	4,94 μm	9,27 μm
Thermal expansion	δ_{exp}	0,0 μm	rectangular	0,14 μm	0,14 μm	0,14 μm	0,14 μm
Alignment error	δ_{align}	0,0 μm	rectangular	0,28 μm	0,28 μm	0,28 μm	0,28 μm
Combined uncertainty	u_c			3,78 μm	4,19 μm	6,04 μm	9,9 μm

Tabel 8.4 Gecombineerde onzekerheid voor haaksheidmeting

8.8 Beste nauwkeurigheidsgrenzen

De beste nauwkeurigheidsgrenzen zijn bepaald op :

Haaksheidmeting : $U_c = 7,6 \mu\text{m}$ $(k=2)$

9 VL-50 Low force hoogtemeter

9.1 Inleiding

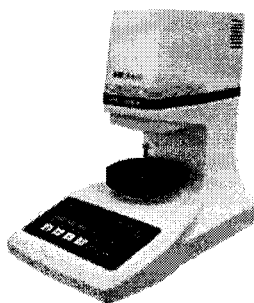
Toen de productie van het vorige type VL-50 voor de Europese markt werd beëindigd, leidde dat al direct tot diverse verzoeken om een vervanger. Kennelijk voorzag de oude VL-50 in een behoefte, mede doordat er in deze categorie meetinstrumenten feitelijk geen concurrent actief is. Met name de medische industrie moest dit handzame meetinstrument missen.

Mitutoyo bracht dan ook een sterk verbeterde versie van de beproefde VL-50 (zie figuur 9.1) op de markt. Deze meetklok met motorisch aangedreven spindel kent niet één, maar tal van voordelen ten opzichte van zijn voorganger.

Om te beginnen werkt de nieuwe VL-50 met een uiterst lage meetdruk. De taster oefent een druk uit van slechts 1gf (0,01N) en zorgt ervoor dat de meetkracht niet van invloed is op de meting. Daarmee is het meetinstrument perfect geschikt voor tere en flexibele producten (denk aan rolfilms, verende materialen en elastische producten zoals rubber, plastic en contactlenzen). Het is het enige meetinstrument dat elastische producten via de contactmethode met extreme precisie kan meten.

Maar ook zijn hoge nauwkeurigheid van $(0,5+L/100)$ m en zijn resolutie van 0,01 m spreken klare taal. Omdat de aandrijving motorisch geschiedt, is bovendien elke invloed van handwarmte geëlimineerd en de nieuwe VL-50 ook nog eens zeer gebruiksvriendelijk en makkelijk in het gebruik.

Alle functies worden uitgevoerd door middel van een ingebouwd (VL-50A) of separaat (VL-50AS) bedieningspaneel. Het laatstgenoemde type is geschikt voor producten die een groter oplegvlak vereisen.



Figuur 9.1 VL-50 Low force hoogtemeter

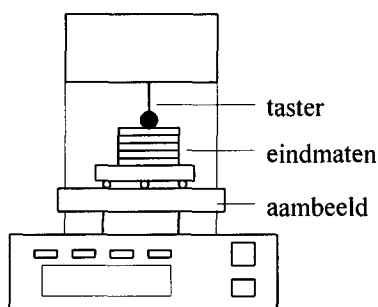
9.2 Principe

De VL-50 is een uiterst gebruiksvriendelijk en makkelijk meetapparaat. Het product wordt op de houder gelegd. Vervolgens kunnen we de taster activeren door een commando te geven middels een druk op de knop.

Door een uiterst lage meetdruk oefent de taster een druk uit van slechts 1gf (0,01N) en zorgt ervoor dat de meetkracht niet van invloed is op de meting.

10 Kalibratie VL-50

Bij het kalibreren van de VL-50 hoogtemeter wordt gebruik gemaakt van eindmaten (standaarden). Op het aambeeld worden eindmaten gelegd om de VL-50 door te meten tot 50 mm. Zie figuur 10.1



Figuur 10.1 Principe kalibratie

Tijdens het doormeten worden meerdere eindmaten op elkaar gewrongen, net zolang tot het maximale bereik is doorgemeten.

Als we naar het onzekerheidsbudget kijken in de bijlagen onder nummer I-400-62 zien we dat dat proces een enorme invloed heeft op de grootte van de onzekerheid. Daarom is er gewerkt aan verschillende concepten om de onzekerheid ten gevolge van het wringen te reduceren.

De meest voor de hand liggende oplossing is een concept die gebaseerd is op een oplegging met behulp van drie kogeltjes. Door het lijncontact tussen aambeeld en de eindmaat wordt het wringen gecompenseerd en de waarde van de onzekerheid wordt kleiner. De daadwerkelijke uitvoering om deze speciale eindmaat te produceren laat nog op zich wachten, maar is in de toekomst zeker een feit.

10.1 Kalibratie instructie

De kalibratie instructie van de VL-50 hoogtemeter is ter inzage in de bijlagen toegevoegd. Bij de kalibratie van de VL-50 hoogtemeter wordt gebruik gemaakt van een standaard in Excel opgemaakt formulier. Naast alle meetdata worden tevens de klantgerelateerde en apparaatgerelateerde gegevens, kalibratiedata en de naam van de meettechnicus ingevuld. Na alle gegevens ingevuld te hebben kan nu een RvA – certificaat opgemaakt worden.

11 Onzekerheidsbudget

De onzekerheidsberekening heeft betrekking op de kalibratie van een VL-50 Low force hoogtemeter. In de berekening wordt uitgegaan van de beste waarden die bij de kalibratie kunnen voorkomen. De volledige berekening van de onzekerheden is toegevoegd in de bijlagen.

12 Kalibratieprijzen

De prijzen zijn gebaseerd op de interne en de externe kalibratie van de behandelde meetapparatuur. Naast de kalibratie wordt tevens voor een deel onderhoud gepleegd. Mitutoyo streeft ernaar om meerdere meetapparatuur in één keer bij de klant op locatie te kalibreren. Hierdoor worden de kosten aanzienlijk gereduceerd en wordt het absoluut rendabel voor de klant.

Tevens streeft Mitutoyo ernaar om qua kalibratieprijzen te concurreren voor de drie beste plaatsen. Op dit moment is er geen duidelijkheid over de concurrent met betrekking tot het ontbreken van een RvA- erkenning voor hieronder genoemde meetapparatuur.

Bij Mitutoyo	Tarief	Laser scan micro meter	Hoogtemeter	Vlakplaat ¹	VL-50
Kalibratie tijd		60 min	180 min		60 min
Uurtarief					
- Interne kalibratie	€ 40,00	€ 40,00	€ 120,00		€ 40,00
Administratie - kosten	€ 45,00	€ 45,00	€ 45,00		€ 45,00
Transportkosten					
-Pakketten tot 5kg	€ 22,50				
-Pakketten tot 10kg	€ 30,00				€ 30,00
-Pakketten tot 30kg	€ 40,00	€ 40,00	€ 40,00		
Totaal		€ 125,00	€ 205,00		€ 115,00

¹ Alleen extern mogelijk

Uurtarief	
- Interne kalibratie	€ 40,00
- Externe kalibratie	€ 81,00

At customer	Tarief	Laser scan micro meter	Hoogtemeter	Vlakplaat	VL-50
Kalibratie tijd		60 min	180 min	180 min	60 min
Uurtarief					
- Externe kalibratie	€ 81,00	€ 81,00	€ 243,00	€ 243,00	€ 81,00
Administratie - kosten	€ 45,00	€ 45,00	€ 45,00	€ 45,00	€ 45,00
Reiskosten ²	€ 0,81/km	€ 81,00	€ 81,00	€ 81,00	€ 81,00
Totaal		€ 207,00	€ 369,00	€ 369,00	€ 207,00

² Uitgaande van gemiddeld 100 km, retour

13 Conclusie

De verhouding tussen de beste nauwkeurigheidsgrenzen en de specificatie van een meetinstrument is acceptabel 1:5 of beter. Deze verhouding bepaald de grote van de grijze gebieden. Het is belangrijk dat de salesafdeling hierover afspraken maakt met de klant.

Aan de hand van bepaalde richtlijnen kan bepaald worden of een onzekerheidsberekening of een onzekerheidsbudget een acceptabel resultaat heeft opgeleverd om doorgevoerd te worden bij de RvA.

De onzekerheden zijn bepaald bij de beste temperaturen en de juiste omgeving. De problemen die zich voordoen ten opzichte van afwijkende waarden hebben allen te maken met afwijkende condities bij de klant.

Op dit moment zijn de onzekerheidsberekening in behandeling om na goedkeuring voorgelegd te worden aan de Raad van Accreditatie.