

# Kalibreren is een must

## Hoe en waarom kalibreren van meetapparatuur

**Waarom is kalibreren zo belangrijk? Zijn er verschillende soorten kalibraties? Hoe vaak moet gekalibreerd worden en wanneer? Dit artikel geeft specifiek voor geluid en trillingen antwoord op deze vragen.**

Door: Paul Smit en Eugène de Beer

### Over de auteur:

Paul Smit is kalibratiemanager bij SONOR Kalibratie BV te Zoetermeer. Hij ziet erop toe dat alle kalibraties van geluid- en trillingapparatuur conform de geldende protocollen worden uitgevoerd. Eugène de Beer is naast zijn advieswerkzaamheden bij Peutz bv manager bij SONOR Kalibratie BV te Zoetermeer.

### Inleiding

Elke geluid- en/of trillingspecialist krijgt vroeg of laat te maken met het meten van geluid en/of trillingen. Uiteraard is het daarbij van groot belang dat op een juiste wijze (methode), met de juiste apparatuur en onder de juiste omstandigheden wordt gemeten. Maar minstens zo belangrijk is dat de meetapparatuur consistent goede, betrouwbare en nauwkeurige resultaten levert. Er moet op kunnen worden vertrouwd dat de meetapparatuur goed werkt en er geen grotere afwijkingen optreden dan is aangegeven in de specificaties van de apparatuur of in de van toepassing zijnde normen.

### Waarom kalibreren?

In verschillende normen en richtlijnen voor geluid- en trillingmetingen wordt aandacht geschonken aan kalibratie. Zo wordt in bijlage IVh van de Omgevingsregeling (Meet- en rekenmethode geluid industrie) het volgende aangegeven over kalibratie bij geluidmetingen:

*Voor en na iedere meetserie moet de geluidniveaumeter, inclusief de microfoon en aangesloten kabel(s), worden gekalibreerd met behulp van een akoestische ijkbron die een constant signaal (binnen 0,5 dB) afgeeft. Als na afloop van de meetserie bij het kalibreren blijkt dat het meetsysteem niet betrouwbaar is (afwijking ten opzichte van het constante signaal is groter dan 0,5 dB), moeten de metingen opnieuw uitgevoerd worden.*

De hierboven beschreven methode van kalibratie van een geluidmeter heeft betrekking op een kalibratie met een pistofoon (ijkbron) die een specifiek geluidniveau bij één specifieke frequentie afgeeft. Door vóór en na een geluidmeting hiermee een kalibratie uit te voeren, wordt er zekerheid verkregen dat voor één frequentie de gevoeligheid van de geluidmeter tijdens de meting niet is gewijzigd.

De volgende zekerheden worden niet door deze kalibratie verkregen:

- De gevoeligheid en eventuele wijzigingen in gevoeligheid van de geluidmeter bij andere frequenties dan de frequentie van de pistofoon.
- De lineariteit over het gehele meetbereik van de geluidmeter; met de pistofoon wordt maar één geluidniveau onderzocht.
- Het ruisniveau van de geluidmeter (de pistofoon geeft een relatief hoog geluidniveau).
- De goede werking van wegingen en filters (A-, C-, Z-, octaaf- en tertsfilters).
- De goede werking tijdweging van de geluidmeter (Fast en Slow en werking overload signalering).
- De juiste werking van de akoestisch ijkbron.

Er wordt dus wel enige zekerheid over de goede werking van de geluidmeter verkregen door een ijktoon vóór en na de metingen op de geluidmeter te plaatsen, maar er kunnen nog vele onderdelen in de meetketen niet goed gaan. Daarom is in de bijlage IVh van de omgevingsregeling Meet- en rekenmethode geluid industrie ook het volgende aangegeven:

*De geluidniveaumeter en de ijkbron worden tenminste iedere twee jaar uitgebreid getest in een daartoe uitgerust laboratorium.*

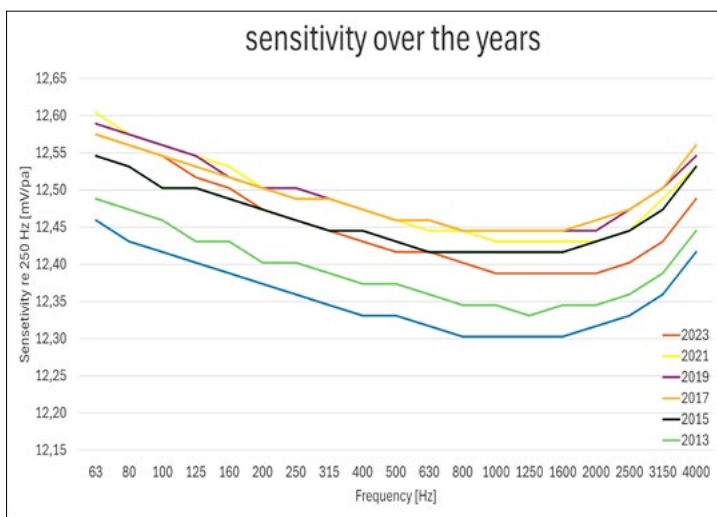
De Meet- en rekenmethode geluid industrie noemt het testen van de apparatuur in een daartoe uitgerust laboratorium, dat betekent uitgebreid laten kalibreren van de apparatuur in een kalibratie-laboratorium. Bij deze uitgebreide kalibratie worden de afwijkingen van het meetinstrument voor diverse aspecten (lineariteit, ruisniveau, weging filters enzovoort) nauwkeurig vastgesteld. Aan de hand van deze afwijkingen wordt beoordeeld of het meetinstrument voldoet aan zijn vereiste specificaties. Dat kunnen zowel fabrieksspecificaties als andersoortige eisen zijn, zoals IEC/ISO-normen.

Bovendien maakt kalibratie het mogelijk om meetresultaten te corrigeren op basis van bekende afwijkingen, waardoor de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van het meetsysteem en de meetresultaten verbeterd kan worden. Het kalibreren van de meetapparatuur is dus essentieel voor de kwaliteit van de metingen. In de periode tussen twee kalibraties, indien in beide gevallen is vastgesteld dat de afwijkingen van de meetapparatuur nog

binnen de gestelde specificaties c.q. eisen functioneert, is vrij zeker dat de meetapparatuur nog goed en nauwkeurig heeft gewerkt. Let op: kalibratie van meetapparatuur zegt niets over het toekomstig functioneren van de apparatuur. Een kalibratie geeft eigenlijk alleen zekerheid over de resultaten van metingen die in het verleden met deze apparatuur zijn uitgevoerd. Een kalibratie kan hooguit een voorzichtige verwachting geven voor de nauwkeurigheid van metingen in de toekomst. Het gebruik van een pistofoon voorafgaande en na afloop van een meting vergroot de zekerheid van goed functioneren van de geluidmeter, maar geeft geen absolute zekerheid. Deze kan alleen worden verkregen door een uitgebreide kalibratie door een daartoe uitgerust kalibratie-laboratorium.

Kalibreren draagt ook bij aan een langere levensduur van een meetsysteem. Tijdens een kalibratie wordt het instrument geïnspecteerd en wordt er gecontroleerd of er afwijkingen zijn ten opzichte van de fabrieksstandaard. Dit biedt de mogelijkheid om eventuele defecten vroegtijdig te ontdekken en snel te verhelpen, wat bijdraagt aan de betrouwbaarheid en duurzaamheid van het meetsysteem. Ook door het vergelijken van geconstateerde afwijkingen van opéénvolgende kalibraties kunnen trends in afwijkingen worden vastgesteld. Op basis daarvan kunnen voorspellingen van afwijkingen in de toekomst worden gemaakt.

Zo treden er bijvoorbeeld bij microfoons verouderingsprocessen op die zorgen voor toenemende afwijkingen. Door de trends in deze afwijkingen te analyseren kan een indicatie worden gegeven over wanneer een microfoon in de toekomst buiten zijn specificatie dreigt te lopen. In figuur 1 zijn de vastgestelde gevoeligheden van een microfoon door de jaren heen spectraal weergegeven. Hierin zijn kleine afwijkingen (orde grootte 0,15 mV/Pa over een periode van 12 jaar) ten gevolge van het verouderingsproces van de microfoon te zien. Kalibratie biedt dus waardevolle inzichten in de prestaties van meetinstrumenten in de loop van de tijd.



**Figuur 1: Vastgestelde gevoeligheden van een microfoon door de jaren heen**

### Wat gebeurt er tijdens een kalibratie?

Wat gebeurt er (achter de schermen) na inlevering van een meetinstrument bij een kalibratie-laboratorium en vervolgens terugkeert met een nieuw kalibratielabel en -certificaat?

Voorafgaand aan de feitelijke kalibratie is er al veel gebeurd. Kalibratieprotocollen zijn opgesteld, referenties zijn bepaald, normen zijn onderzocht en onzekerheden van het kalibratieprotocol zijn vastgesteld. Eenmaal in het laboratorium wordt de meetapparatuur eerst ten minste 24 uur geacclimatiseerd. Gelijktijdig wordt bepaald welke kalibratiemethode het meest geschikt is voor het apparaat in kwestie. Bij veel methodes liggen normen aan de basis van de kalibratie. In deze normen zijn regels opgesteld waaraan het apparaat dient te voldoen, zijn eisen gesteld aan de werking ervan en/of zijn eisen gesteld aan de kalibratieprocedure.



**Figuur 2: Kalibratieopstelling voor microfoons**

Voor geluidmeters is de norm IEC 61672 belangrijk. In deze norm is in drie delen uiteengezet waaraan onder andere een klasse 1 of 2 geluidmeter dient te voldoen, inclusief de te testen functies tijdens een kalibratie. Zo is onder andere in deze norm opgenomen welke afwijkingen maximaal mogen optreden voor de verschillende frequentie-wegingen voor geluidmeters. Ter illustratie is in tabel 1 voor een beperkt aantal specifieke tertsbanden de maximaal toelaatbare afwijking voor de verschillende frequentiefilters gegeven voor zowel een klasse 1 als een klasse 2 geluidmeter.

Voor trillingopnemers is de ISO 16063-21 norm belangrijk. Deze norm stelt voornamelijk eisen aan de kalibratieprocedure. De specifieke normen variëren dus per type meetinstrument.

**Tabel 1: Voorbeeld van maximaal toelaatbare afwijkingen voor verschillende frequentiewegingen conform IEC 61672**

Nominale frequentie [Hz]	Frequentie weging [dB]			Toelaatbare afwijking [dB]	
	Klasse				
	A	C	Z	1	2
50	-30,2	-1,3	0,0	±1,0	±2,0
63	-26,2	-0,8	0,0	±1,0	±2,0
80	-22,5	-0,5	0,0	±1,0	±2,0
800	-0,8	0,0	0,0	±1,0	±1,5
1000	0,0	0,0	0,0	±0,7	±1,0
1250	+0,6	0,0	0,0	±1,0	±1,5
3150	+1,2	-0,5	0,0	±1,0	±2,5
4000	+1,0	-0,8	0,0	±1,0	±3,0
5000	+0,5	-1,3	0,0	±1,5	±3,5

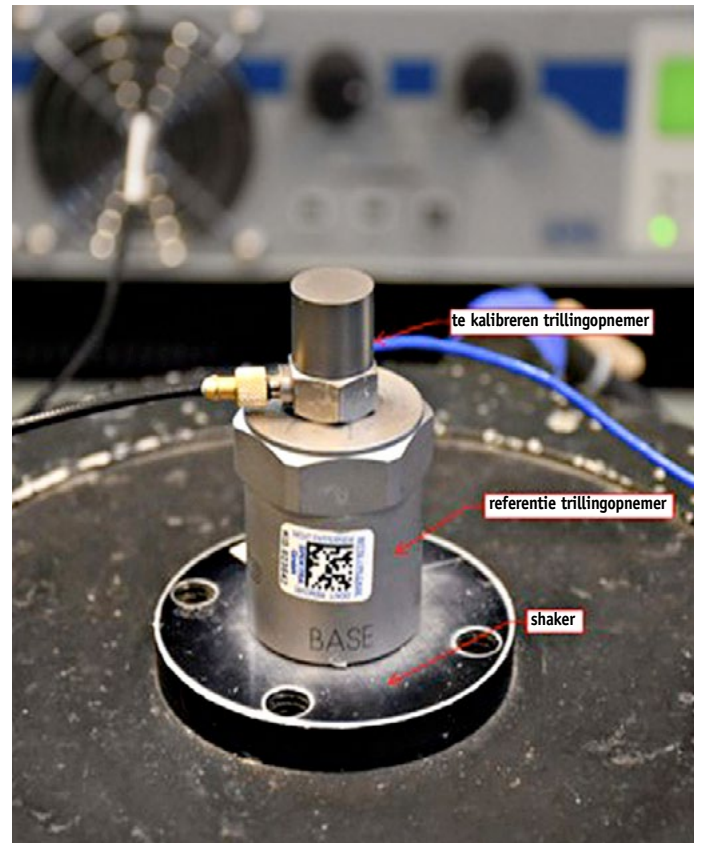
Gedurende de kalibratie worden verschillende eigenschappen van het meetinstrument gedocumenteerd en vergeleken met de gestelde eisen. Die kunnen variëren van normen tot fabriekspecificaties of zelfs persoonlijke eisen (bijvoorbeeld een beperktere frequentierange beschouwen dan in de norm is vereist omdat het meetinstrument slechts voor een beperkte range wordt gebruikt). Als de test is afgerond, wordt er een certificaat uitgereikt en ontvangt het apparaat een kalibratie-label. Alle onderzoeksdata worden zorgvuldig gearchiveerd zodat bij toekomstige kalibraties de nieuwe afwijkingen kunnen worden vergeleken met de geconstateerde afwijkingen in het verleden.

### Verskillende soorten kalibraties

De keuze voor een kalibratiemethode is afhankelijk van het type apparaat en de norm waarvoor dit apparaat ontworpen is. Ook het specifieke gebruik van het meetinstrument kan van invloed op zijn welke kalibratiemethode het meest geschikt is.

Bij geluidmeters wordt vaak verwezen naar de norm IEC 61672 en soms ook naar de norm IEC 61620. De IEC 61672 vertelt iets over het algemene deel van een geluidmeter, waarbij onder andere de frequentieweging, lineariteit, C-peak-weging en overload van de geluidmeter worden getest. De norm IEC 61620, heeft betrekking op de terts- en octaafbandfilters van een geluidmeter. Met deze kalibratie wordt onderzocht wat de verzwakking van het filter is bij de verschillende frequenties. Daarnaast wordt ook onderzocht hoe lineair verschillende filters zijn bij een gelijk ingangssignaal.

De kalibraties van trillingopnemers worden veelal uitgevoerd aan de hand van ISO 16063-21. Deze norm stelt voornamelijk eisen aan de kalibratieprocedure, ook wel de back-to-back-kalibratiemethode genoemd. Hierbij wordt de te kalibreren opnemer gekoppeld aan een referentieopnemer en op een shaker geplaatst, waarbij beide dezelfde versnelling ervaren bij verschillende frequenties (zie figuur 3). De te kalibreren opnemer moet binnen de norm gestelde maximale afwijkingen een gelijk meet-signaal geven als de zeer nauwkeurige referentieopnemer.

**Figuur 3: Back-to-back-opstelling voor trillingkalibratie**

Naast eerder genoemde voorbeelden zijn er nog vele andere soorten kalibraties, waaronder kalibraties van akoestische- en trillingkalibrators, pistonfoons, microfoons, (voor)versterkers, hamerapparaat en dosimeters.

Er zijn echter ook meetssystemen waarbij meerdere apparaten in een meetketen zijn opgenomen. In die gevallen, zoals een computer verbonden met een versterker en een trillingopnemer, zijn er in principe twee kalibratiebenaderingen mogelijk, namelijk kettingkalibratie of individuele kalibratie.

Bij individuele kalibratie wordt elk apparaat afzonderlijk gekalibreerd, waarbij alle instellingen die invloed hebben op de resultaten worden doorlopen. Hoewel dit leidt tot hogere kalibratiekosten en hogere complexiteit, is een groot voordeel dat direct inzichtelijk wordt of er problemen in de meetketen optreden vanwege een of meer individuele schakel(s). Na kalibratie is voor elke schakel in de meetketen de afwijking vastgesteld waarmee tijdens metingen rekening gehouden kan worden.

Bij een kettingkalibratie wordt de meetketen intact gelaten en wordt er alleen gekeken naar de verhouding tussen het ingangssignaal ten opzichte van het uitgangssignaal. Hierbij worden de instellingen gebruikt die in de praktijk ook worden toegepast. Hoewel de kalibratiekosten lager zijn ten opzichte van het kalibreren van alle individuele componenten, kan het nadeel zijn dat bij het wijzigen van de instellingen van een van de componenten een nieuwe kalibratie vereist is. Naast het kostenvoordeel is met deze kalibratie direct inzichtelijk hoe de afwijkingen zich verhouden met het meetresultaat zonder op basis van de individuele afwijkingen de totale afwijking door te moeten rekenen.

## Wat houdt accreditatie in?

Diverse laboratoria en instellingen zijn geaccrediteerd. Accreditering bevestigt dat een laboratorium of instelling erkend is door een bevoegde autoriteit. In Nederland wordt een dergelijke accreditatie verleend door de Raad voor Accreditatie (RvA). Een accreditatie geeft aan dat de dienst of service die is afgenomen van een dusdanige kwaliteit is dat hierop blindelings vertrouwd kan worden. Accreditatie betekent letterlijk: vertrouwen geven.

Deze garantie van kwaliteit is precies de reden waarom het aan te raden is om voor een geaccrediteerd laboratorium en voor geaccrediteerde kalibratie te kiezen. Accreditering vereist een actieve inzet van het kalibratie-laboratorium. Achter de schermen vinden regelmatig overleggen en audits plaats tussen het laboratorium en de RvA, om te waarborgen dat de kwaliteit van de kalibraties zo hoog mogelijk zijn en blijven. Het gaat hierbij niet alleen om de technische kwaliteit van de kalibratie, maar bijvoorbeeld ook om de onpartijdigheid en onafhankelijkheid van het laboratorium.

Op basis van metingen worden vele belangrijke beslissingen genomen. Hierbij is het natuurlijk van groot belang dat er vertrouwen is in de kwaliteit en de nauwkeurigheid van de resultaten van deze metingen. Metingen die zijn uitgevoerd met apparatuur die door een geaccrediteerd laboratorium zijn gekalibreerd, dragen in grote mate bij aan het vertrouwen in de kwaliteit van de meetresultaten.

## Hoe vaak dienen meetinstrumenten gekalibreerd te worden?

Met voorgaande inzichten in de wereld van kalibraties blijft een laatste vraag onbeantwoord; hoe vaak en wanneer moeten meetinstrumenten gekalibreerd worden? In ieder geval dient vóór afgaande en na afloop van een meting de geluidmeter met een pistofon in het veld te worden gecontroleerd. Bij trillingmetingen dient dit met een trillingjkbron te gebeuren. Maar hoe vaak dient een uitgebreide kalibratie door een kalibratie-laboratorium te worden uitgevoerd?

Helaas is het antwoord op deze vraag niet altijd gemakkelijk en eenduidig te geven. Soms worden bij metingen conform een specifieke norm, in die norm eisen gesteld aan de meetapparatuur en ook aan een minimaal kalibratie-interval. Maar veelal worden in normen geen eisen gesteld aan het kalibratie-interval of worden metingen niet conform een specifieke norm uitgevoerd. In deze situaties is er de vrijheid om zelf te bepalen wanneer en hoe vaak een kalibratie plaatsvindt. Dit zou halfjaarlijks, jaarlijks of ieder ander tijdsinterval kunnen zijn.

Er zijn allerlei risico's verbonden aan lange kalibratie-intervallen. Zoals reeds eerder vermeld, geven kalibraties geen zekerheid over afwijkingen van de meetapparatuur in de toekomst. Een kalibratie geeft uitsluitend informatie over afwijkingen van de meetapparatuur op het moment van kalibratie. Indien uit een kalibratie blijkt dat de meetapparatuur voldoet aan de maximaal toelaatbare afwijkingen dan kan ervan uit worden gegaan dat de metingen die in de tijd tussen twee uitgebreide kalibraties met deze apparatuur zijn uitgevoerd, binnen gestelde maximale afwijkingen zijn verricht. Voor toekomstige metingen met deze meetapparatuur is dit niet vanzelfsprekend. Zo kan direct na een kalibratie het meetinstrument zijn gevallen of gestoten,

waardoor het niet meer binnen zijn specificaties functioneert. Het feit dat het meetinstrument recent is gekalibreerd, geeft dus geen zekerheid.

Het verdient daarom aanbeveling, afhankelijk van het gebruik van het meetinstrument, deze ten minste jaarlijks te laten kalibreren. Indien een meetinstrument veelvuldig wordt gebruikt dient overwogen te worden deze ten minste halfjaarlijks te laten kalibreren. Hebben zich omstandigheden voorgedaan met het meetinstrument die aanleiding kunnen geven tot afwijkingen (denk hierbij onder andere aan vallen, stoten, blootstelling aan vocht, straling, hoge temperaturen en dergelijke) dan is het verstandig het meetinstrument direct opnieuw te laten kalibreren. Alleen op deze wijze kan worden voorkomen dat metingen worden uitgevoerd waarvan achteraf moet worden geconstateerd dat de nauwkeurigheid van de metingen onvoldoende is geweest en de resultaten onbruikbaar zijn.

## Conclusies

Kalibratie van geluid- en trillingmeetapparatuur is van groot belang om inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van een meetinstrument. Daarbij geeft een kalibratie geen garantie over de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van het meetinstrument in de toekomst. Wel geeft een kalibratie zekerheid over de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de meetresultaten die in het verleden (in de tijd tussen twee uitgebreide kalibraties) met deze apparatuur zijn vastgesteld. Een kalibratie geeft hooguit een indicatie van de nauwkeurigheid van het meetinstrument in de toekomst.

Er zijn vele vormen van kalibratie. Welke kalibratiemethode het meest geschikt is, is afhankelijk van het soort meetinstrument maar ook van het specifieke gebruik ervan. Het is raadzaam vóór afgaande aan een kalibratie uitgebreid geadviseerd te worden welke kalibratiemethode voor de desbetreffende situatie het meest passend is.

Uitvoering onder accreditatie geeft de gebruiker de zekerheid dat de kalibratie correct is uitgevoerd, daar kan blindelings op worden vertrouwd. Hoe vaak geluid- en trillingapparatuur gekalibreerd moet worden is – naast formele voorschriften – onder andere afhankelijk van het gebruik van de apparatuur en de omstandigheden waaraan de apparatuur wordt blootgesteld.