

Zelfbouwgeluidmeters getest

**Welke prestaties kun je verwachten van een zelfbouwgeluidmeter?
Het RIVM testte samen met de bouwers 7 zelfbouwgeluidmeters.
De resultaten zijn verrassend goed.**

Door: Nick Mabjaia, Hester Volten en Marty Haaïma

Over de auteur:

N. E. Mabjaia, H Volten en M. Haaïma werken bij het RIVM voor het centrum Milieukwaliteit.

Zelf geluidmeten in opkomst

Steeds meer mensen meten zelf geluidniveaus bij hun woning. Precies op de plek waar en het moment waarop je dat wilt. Dit kan al laagdrempelig met je smartphone en apps. Voor langdurige metingen echter is een ander meetinstrument nodig. Die langdurige metingen lenen zich voor een gedetailleerd inzicht in lokaal geluid. De mogelijkheden voor burgers om die metingen te doen worden steeds groter door de opkomst van betaalbare, zelfgebouwde geluidmeters. Deze meters kunnen langere tijd geluidniveaus in de buitenlucht meten.

Het RIVM ondersteunt de ontwikkeling dat mensen zelf metingen doen naar hun leefomgeving vanuit het platform Samen Meten [1]. De ondersteuning houdt onder andere in dat Samen Meten een dataplatform [2] biedt om de data te delen. Ook brengt Samen Meten mensen samen die met hetzelfde onderwerp bezig zijn, zodat er een community ontstaat. Een belangrijke vraag die in dergelijke meetcommunities leeft is: hoe goed doet mijn meetapparaat het? Het team Samen Meten van het RIVM heeft daarom in nauwe samenwerking met een aantal bouwers de kwaliteit van zeven typen geluidmeters getest. Deze testen leverden feedback op voor de bouwers, die daarmee hun geluidmeters konden verbeteren.

De geteste zelfbouwgeluidmeters worden reeds in de praktijk ingezet. Bijvoorbeeld de geluidmeters van LINX voor hinderonderzoek naar vliegtuiggeluid [3] en spoorweggeluid [4]. De geluidmeters van Waag FutureLab zijn eerder ingezet bij onderzoek naar (horeca)geluid in de stad [5].

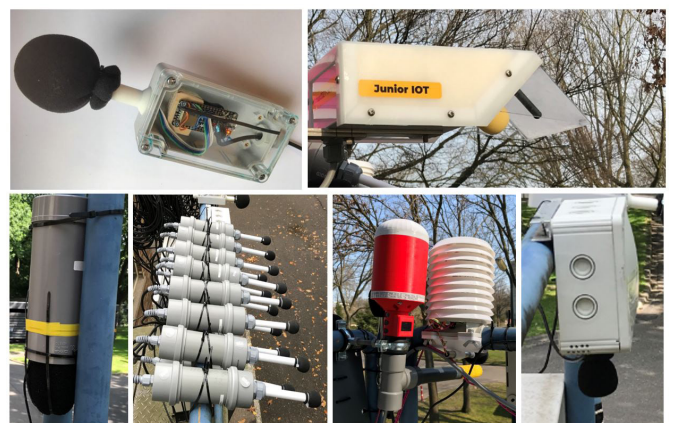
Uit de testen verricht in 2021 en 2022 blijkt dat de kwaliteit van de zelfgebouwde geluidmeters de afgelopen jaren duidelijk is verbeterd. Deze geluidmeters hebben soms tekortkomingen, maar doen het vaak ook erg goed. We laten in dit artikel kort iets van deze resultaten zien. Voor meer detail verwijzen we naar het rapport Vergelijkende metingen met betaalbare zelfbouwgeluidmeters (rivm.nl) [6][7].

We verwachten dat deze resultaten het vertrouwen in wat je kunt met deze geluidmeters zal vergroten en dat het aantal citizen science projecten rondom geluid daarmee zal toenemen.

Zelfbouwgeluidmeters getest in weer en wind

In deze test zijn geluidmeters opgenomen die lange tijd zelfstandig in de buitenlucht kunnen meten. Er is alleen stroom nodig en een draadloos netwerk om data te verzenden zoals wifi of LoRa (Long Range communicatietechniek). In principe kan iedereen die een beetje handig is de geteste zelfbouwgeluidmeters bouwen: de data, de bouw instructies en de software zijn openbaar. De kosten van het bouwen van de deelnemende geluidmeters zijn ook relatief laag; de kosten van de onderdelen zijn vaak ongeveer 100-200 euro.

Om een beeld te geven van de geluidmeters die hier getest zijn, volgt een korte beschrijving met enkele opvallende en algemene kenmerken van deelnemende geluidmeters. In figuur 1 zijn de geluidmeters te zien.



Figuur 1: De deelnemende zelfbouwgeluidmeters. Met de klok mee beginnend linksboven: Waag FutureLab, Hart van Alkmaar, WBBSVB, Sensor.Community TD (rood/grijs) en DR (wit), Sensor.Community LINX, RIVM.

- De geluidmeter van Waag FutureLab communiceert op basis van LoRa en er is aandacht besteed aan het openbaar beschikbaar stellen van software en bouw instructies.
- De zelfbouwgeluidmeter van het RIVM is ontwikkeld voor een

citizen science project waarbij communicatie via wifi beschikbaar was. In deze geluidmeters is gekozen voor een goedkope behuizing en een professionele windbol.

- De geluidmeter van Wij Bouwen Betaalbare Sensoren Voor Burgers (WBBSVB) [8] kenmerkt zich door uitgebreide functionaliteit zoals patroonherkenning, audio opnamemogelijkheden en uitgebreide kalibratiemethoden.
- In de geluidmeter van Hart van Alkmaar en Junior IoT (HvA) [9] is veel zorg besteed aan analoge signaalverwerking en deze kan naast geluid veel andere milieufactoren meten zoals fijnstof, temperatuur, luchtdruk, lux en vocht.
- Er deden drie types mee die zijn gebouwd naar ontwerp van Sensor.Community DNMS [10]. Dit zijn de LINX, DR en TD versies. Dit internationale netwerk van vrijwilligers stelt een uitgebreide handleiding, software en dataportaal ter beschikking. De LINX versie is in opdracht van het RIVM gebouwd door het bedrijf LINX. Hiervan zijn er ruim 50 reeds ingezet in RIVM onderzoeken naar beleving van geluid met behulp van citizen science. Zowel de bouwers van de TD als de bouwer van de DR versie hebben een eigen 3D geprinte behuizing ontworpen waarin ook een sensor voor luchtkwaliteit kan huizen. Deze geluidmeters zijn zeer gebruiksvriendelijk en de data van Sensor.Community geluidmeters in Nederland worden automatisch gepubliceerd op het Samen Meten dataplatform.

Van alle types hebben de bouwers meerdere exemplaren gebouwd; van enkele exemplaren tot enkele tientallen. Ook voorafgaand aan de test werden deze geluidmeters door het hele land ingezet voor langdurige metingen. De geluidmeters uit de test maken gebruik van twee typen microfoons: electret en MEMS. Sommigen zijn te kalibreren met een ½ inch kalibrator, waarbij de microfoon van DR een nauwkeurig vervaardigde metalen behuizing heeft voor optimale aansluiting op de kalibrator.

Voor het onderzoek zijn ruim zes maanden lang zelfbouwgeluidmeters gevolgd in een situatie die lijkt op de praktijk. De geluidmeters hingen buiten in weer en wind en registreerden lokale geluiden zoals verschillende voertuigen, vogels, windgeruis en andere natuurlijke en menselijke activiteit.

De resultaten zijn vergeleken met de metingen van een klasse I referentie geluidmeter die naast de zelfbouwmeters is gehangen. Voor de vergelijkbaarheid zijn de metingen vertaald naar 5-minuut gemiddelden. In het kader van Open Science zijn de meetresultaten op de website van het RIVM [6][7] te vinden.

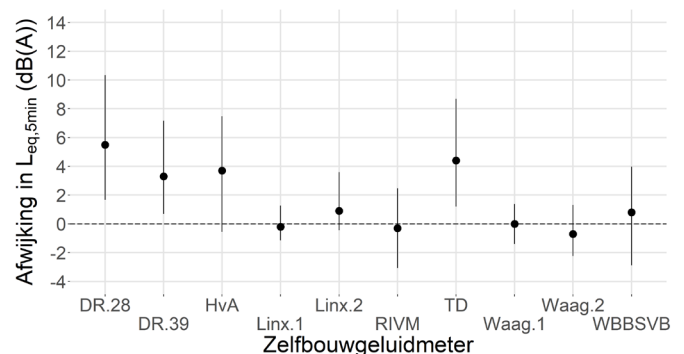
Onafhankelijk van deze test zijn drie van deze geluidmeters ook in het lab getest door TU Eindhoven [11]. Deze combinatie van testen in het veld en in het lab geeft een compleet beeld van de prestaties van de geluidmeters.

Resultaten

Alle geluidmeters bleken in staat om langere tijd continu buiten te meten. Uitval was zeer beperkt en meestal veroorzaakt door onderbrekingen van de wifi en LoRa routers op de locatie. Bij een onderbreking konden metingen hervat worden door de geluidmeter opnieuw op te starten; hier waren geen technische ingrepen voor nodig.

In figuur 2 is voor de zelfbouwgeluidmeters de afwijking ten opzichte van de klasse 1 geluidmeter weergegeven, zonder kalibratiecorrectie of andere aanpassing aan de geluidmeter. Er

is hier geen kalibratiecorrectie toegepast omdat niet alle zelfbouwgeluidmeters in een kalibrator passen en gebruikers in de praktijk niet altijd toegang zullen hebben tot een kalibrator. De geluidmeters stonden ingesteld op verschillende middeltijden. Om ze toch met elkaar te kunnen vergelijken kijken we hier naar 5-minuut gemiddelden. Alle geluidniveaus in dit artikel zijn A-gewogen.



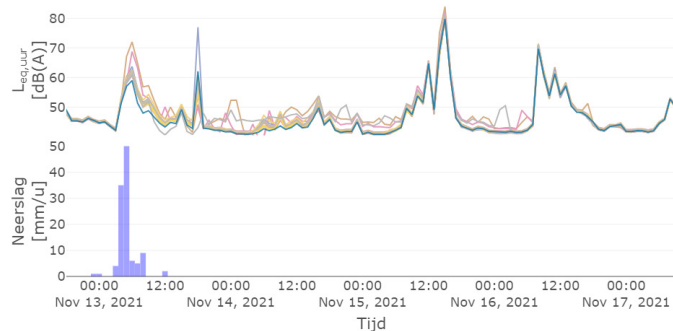
Figuur 2: Gemiddelde afwijking van zelfbouwgeluidmeters ten opzichte van de klasse 1 referentie geluidmeter. Voor de vergelijkbaarheid is dit in 5-minuut LAeq gemiddelden. Het 5% kwantiel en 95% kwantiel geven een beeld van de spreiding. 90% van de metingen vallen binnen dit bereik. De metingen zijn uitgevoerd op de geluidmeters zoals wij ze ontvingen. Dat is zonder kalibratiecorrectie. Linx.2 en Linx.2 zijn hier willekeurig uit de grote batch van 50 geluidmeters geselecteerd.

De kleinste gemiddelde afwijking is van Waag.1 met 0,0dB waarbij 90% van de verschillen van Leq,5min tussen -1,4 en +1,4 ligt. Dit zijn zeer bemoedigende waarden. Deze geluidmeter had voorafgaand aan deze parallelmeting reeds een half jaar buiten gemeten wat aangeeft dat de betrouwbaarheid over langere tijd zeer goed is. De grootste gemiddelde afwijking is van DR.28 met 5,5dB waarbij 90% van de verschillen van Leq,5min tussen 1,7 en 10,3 liggen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de grootste afwijkende metingen van DR.28 het resultaat zijn van een periode van enkele weken met een duidelijk afwijkend meetpatroon dat het andere exemplaar DR.39 niet laat zien. Dit wordt in het rapport verder geïllustreerd. Ook zonder referentiemeter zou iemand met enige kennis van geluidniveaus de metingen als onbetrouwbaar kunnen identificeren en verwerpen.

Er moet aangetekend worden dat de geluidniveaus op de testlocatie een beperkt bereik hadden. Er zijn geen geluidniveaus gemeten onder 40dB en weinig 5-minuut gemiddelden boven 60dB. Dat is het bereik waar deze resultaten betrekking op hebben. Binnen dit bereik was er genoeg variatie om waar te nemen dat de gevoeligheid in het dynamisch bereik niet optimaal is bij de geluidmeters met electret microfoons (RIVM, WBBSV en HvA). Voor deze geluidmeters zien we dat hogere geluidniveaus worden onderschat en lagere niveaus worden overschat. DR liet een precies omgedraaid effect zien. Zie het rapport voor beelden hiervan.

Ook hebben we naar weersinvloeden gekeken. Met name regen bleek invloed te hebben op twee typen geluidmeters. De geluidmeter van Waag FutureLab liet kleine verhogingen zien in het uurgemiddelde (1 à 2dB) na een periode van regen. Sommige LINX geluidmeters reageerden nog duidelijker op regen met afwij-

kingen tot 10dB in uurgemiddelden. Deze afwijking herstelt zich weer na een periode van droogte. De andere geluidmeters waren stabiel in tijden van regen. Zie Figuur 3 voor een illustratie van deze reactie van de LINX geluidmeters op het weer.



Figuur 3: invloed van regen op uurgemiddelden van een groep van 14 LINX geluidmeters. De donkere, blauwe lijn is de klasse-1 referentie en de andere lijnen zijn LINX zelfbouwgeluidmeters. Voor de regen meten ze netjes vrijwel dezelfde waarden, na de regen laten enkelen grote afwijkingen zien die in de loop van de dagen erna weer stabiliseren. Na vier dagen meten alle 14 weer zoals voor de regen. Op de y-as zien we het uurgemiddelde geluidsniveau L-eq,uur in dB(A) en neerslag in mm/u (bron: KNMI, station de Bilt).

Conclusie en discussie

In dit onderzoek zijn de prestaties en toepassingsmogelijkheden van zelfbouwgeluidmeters onderzocht. Ze zijn langdurig getest onder omstandigheden die vergelijkbaar zijn met de praktijk. Gebleken is dat alle geluidmeters in staat zijn om lange tijd zelfstandig continu te meten. De meetafwijking ten opzichte van een klasse 1 geluidmeter varieert tussen de geluidmeters. De meest nauwkeurige geluidmeters laten zeer weinig afwijking zien. Dit laat zien wat de potentie is van dergelijke zelfbouwgeluidmeters.

Ook de geluidmeters die iets minder goed presteren zijn vaak goed te gebruiken. Bij het inzetten van een zelfbouwgeluidmeter is het relevant om stil te staan bij het meetdoel. De precisie van een klasse-1 of klasse-2 geluidmeter zal voor veel meetdoelen niet nodig zijn. Vergelijk het met een foto en een schets. Grote geluidsgebeurtenissen zullen met alle geteste geluidmeters in beeld kunnen worden gebracht. Bijvoorbeeld trein- of vliegtuigpassages op korte afstand die tientallen dB's boven het achtergrondgeluid uitsteken. Dit kan voor burgerwetenschappers een belangrijk doel zijn om te gaan meten. Het kan een manier zijn om het beleefde geluid in beeld te krijgen. Ook moet opgemerkt worden dat de plaatsing van een geluidmeter invloed heeft op gemeten waarden. Ook hiervoor geldt dat het dus niet altijd nodig is om de juiste waarde bij een piek te hebben.

De resultaten geven het belang aan van een langdurige parallelmeting in een praktijksituatie. Door lang te meten lieten verschillende geluidmeters zien dat het meetgedrag na een periode van weken of maanden kan veranderen. Tevens bleek dat een kleine meetafwijking in de kalibrator geen garantie is voor een kleine meetafwijking in het veld. Ook hebben we invloeden van meteorologische omstandigheden gevonden, met name regen. Daarnaast stelt een langdurige meetperiode ons in staat om bij een groter bereik aan geluidsniveaus te meten.

samenwerking en informatie uitwisseling tussen de bouwers, zijn deze geluidmeters continu in ontwikkeling waardoor ze steeds beter worden. In de tijd tussen het uitvoeren van de test en het uitkomen van dit artikel zijn de meeste types significant doorontwikkeld op het vlak van nieuwe functionaliteiten en ook meetprestaties. Van in ieder geval geluidmeters WBBSVB, TD en HvA is de verwachting dat de meetprestaties in de tussentijd significant zijn verbeterd. Zowel TD als LINX werken aan ontwikkelingen in communicatiesystemen. We verwachten dat deze ontwikkelingen door zullen gaan en de geluidmeters steeds preciezer worden en het toepassingsbereik nog groter gaat worden.

Binnenkort gaat het Samen Meten team in gesprek met de geluidmeterbouwers over een vervolg op de vergelijkende testen en waar deze testen dan precies op gericht zou moeten zijn. Een groter bereik van geluidsniveaus staat op het wensenlijstje, net als spectrale metingen.

Referenties:

- [1] Samen Meten kennisportaal: samenmeten.nl
- [2] Samen Meten dataportaal: <https://samenmeten.rivm.nl>
- [3] LINX vliegtuiggeluid: <https://vliegtuiggeluid.nl/projecten/samen-meten-van-vliegtuiggeluid>
- [4] LINX spoorweggeluid: <https://samenmeten.nl/nieuws/bewoners-avond-over-onderzoek-naar-spoorweggeluid-in-america>
- [5] Waag FutureLab: <https://waag.org/nl/article/amsterdam-sounds-het-ritme-van-de-stad/>
- [6] Rapport van de test: Vergelijkende metingen met betaalbare zelfbouwgeluidmeters, N. Mabjaia et al, RIVM rapport 2023-0217
- [7] Data van de test: <https://samenmeten.nl/zelfbouwgeluidmeter-testen-2023>
- [8] WBBSVB: <https://wbbsvb.nl/>
- [9] HvA, Bewonersvereniging 'Hart van Alkmaar': <https://bvha.nl/>
- [10] Sensor.Community DNMS: <https://sensor.community/en/sensors/dnms/>
- [11] Drie geluidmeters uit deze test zijn ook in het lab getest door TU Eindhoven: https://assets.waag.org/files/BE2022-1969406-%20Technische%20analyse%20van%20zelfbouw-meetstations%20voor%20het%20monitoren%20van%20vliegtuiggeluid_v1.0%20-1.pdf.

Onder andere door feedback van deze vergelijkende testen en door