

# Sound & Science: Digital Histories

Archives NAG: Publicatie No. 20 van de Geluidstichting, Reitsma, G. C. (1939). Registreerende decibelometers, Delft: Geluidstichting, 1939.

<https://acoustics.mpiwg-berlin.mpg.de/text/publicatie-no-20-van-de-geluidstichting>



Scan licensed under: [CC BY-SA 3.0 DE](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/) | Max Planck Institute for the History of Science



MAX PLANCK INSTITUTE  
FOR THE HISTORY OF SCIENCE

# REGISTREERENDE DECIBELMETERS

DOOR

G. C. REITSMA.

PUBLICATIE No. 20  
VAN DE  
GELUIDSTICHTING  
DELFT - HOLLAND



## Registreerende decibelometers

door

G. C. REITSMA.

Na een inleidende beschouwing over het meten van electro-acoustische transmissiegrootheden volgens logaritmischen maatstaf in decibel, neper of phon en een kort overzicht der tot dusverre in de telefoon- en radiotechniek hiervoor toegepaste registreerende meetinstrumenten, wordt een uitvoerige beschrijving van een vereenvoudigden, registreerenden decibelmeter van Siemens gegeven. In aansluiting hierop volgt een bespreking der verschillende toepassingsmogelijkheden voor telefoonbedrijven, omroep, radio-industrie, laboratoria, technisch onderwijs, enz.

### I. Inleiding.

Zoals op zooveel andere gebieden der techniek, is ook op het terrein der electro-acoustische transmissie de vooruitgang samengegaan met een steeds grootere verscherping van de eischen, die aan de transmissie-apparaten worden gesteld. Hiermede is op haar beurt weer een verfijning gepaard gegaan van de meetmethoden en meetinstrumenten, die noodig zijn om die eischen te definieeren en om te controleeren, of aan die eischen is voldaan. Deze verfijning is hoofdzakelijk gericht op een grootere nauwkeurigheid en op een veelzijdige toepassingsmogelijkheid.

De metingen aan electro-acoustische transmissie-apparaten, zooals b.v. bij telefonie en radio worden gebruikt, strekken zich uit over een frequentiegebied van ongeveer 20—15.000 Hz; dit is het trillingsbereik, dat wij gewoonlijk met ons oor kunnen waarnemen. Meestal gaat het er om, in dit frequentiegebied allerlei spanningsmetingen te doen, waarbij het meetbereik uit den aard der zaak beperkt kan worden tot de waarden, die samenhangen met een waarneembare geluidsintensiteit. Deze intensiteit strekt zich uit van de drempelgevoeligheid van het oor, die wij met 1 kunnen aanduiden, tot aan de  $10^{14}$ -voudige waarde hiervan, waar de pijnlijkgrensgrens overschreden wordt. Om een dergelijk groot meetgereik met een relatief steeds gelijk blijvende nauwkeurigheid te kunnen omvatten, dient de aanwijzing volgens een logaritmischen maatstaf te geschieden. Hiervoor pleit ook de eigenschap van ons oor, om geluidssterkteverschillen niet volgens de zuivere getalsverhouding, doch volgens de logarithe hiervan waar te nemen. Men ijkt deze meetinstrumenten dan ook meestal in de algemeen gebruikelijk dempingseenheden „decibel” of „neper”. Moet het instrument ook geschikt zijn voor nagalm- en geluidssterktemetingen, dan is voorts een ijking in „phon”, de geluidssterkte-eenheid, wensche-lijk.

Bij een groot aantal metingen is het zeer gewenscht, de meetresultaten continu te registreeren, ten einde het verband tusschen twee veranderlijke grootheden als het ware „zwart op wit” te kunnen vastleggen. Wij denken hierbij b.v. aan de frequentie-karakteristiek van een versterker, waarbij de versterking als functie van de frequentie moet worden opgeteekend. Om ook snel veranderende verschijnselen evenredig met tijd en spanning te kunnen registreeren, dient de tijd van instelling zoo klein mogelijk te zijn. Bovendien is het wenschelijk, dat een dergelijk registreerapparaat transportabel is, waarbij het ook onder eenigszins ruwe behandeling een bevredigende nauwkeurigheid moet behouden. Het moet voorts zooveel mogelijk aan algemeene eischen voldoen, voor wat betreft meetbereik, nauwkeurig-

heid, bedrijfszekerheid, bediening, prijs, enz. Het ideaal laat zich echter ook hier nog niet verwezenlijken, omdat vele dezer factoren dikwijls lijnrecht tegenover elkaar staan.

De internationale telefonie is wel de voornaamste stimulan geweest voor de ontwikkeling van speciale meetinstrumenten voor het registreeren van bepaalde transmissie-grootheden. Wij doelen hierbij in het bijzonder op de registreerende dempingsmetingen aan internationale telefoonlijnen, ten einde den toestand van deze lijnen regelmatig te kunnen controleeren. Tot dit doel wordt o.a. door Standard Telephones and Cables Limited en door Siemens een zoogenaamde „Automatic Level Recorder” vervaardigd. Deze bestaat hoofdzakelijk uit een variabelen toongenerator en een ontvanger met registreertoestel.

De frequentie van de door den toongenerator afgegeven spanning is continu variabel tusschen 30—10.000 Hz. en kan door middel van een draai-condensator ingesteld worden. Het essentiële kenmerk van deze apparatuur is nu, dat de afstemcondensator van den toongenerator en het registreertoestel van den ontvanger elk door een motor of uurwerk worden aangedreven, waarbij de frequentie-afstemming gesynchroniseerd is met de voortbeweging van de papierstrook in het registreerapparaat.

De toongenerator zal in de meeste gevallen aan één zijde van de telefoonlijn als zender dienst doen en dan moeten kunnen samenwerken met een op grooten afstand aan de andere zijde van de lijn opgestelde overeenkomstige apparatuur, waarvan in dat geval het ontvanggedeelte gebruikt wordt. Vanzelfsprekend moeten, ondanks het feit, dat zender en ontvanger ver van elkaar aan weerszijden van de lijn opgesteld zijn, ook nu de motoren van afstemcondensator en registreerapparaat synchroon loopen. Onmiddellijk, voordat met het uitzenden van de toonfrequente meetspanningen wordt aangevangen, geeft de zender een vóór-signaal, waardoor automatisch het voortbewegingsmechanisme van het ontvangende registreerapparaat wordt ingeschakeld. Dit startpunt is zoo gekozen, dat de frequentie-indeeling van het registreerpapier steeds nauwkeurig overeenkomt met de door den toongenerator uitgezonden frequentie.

Hoewel de hierboven genoemde „Automatic Level Recorder” of „Pegelschreiber” in de eerste plaats voor telefonie-doelinden geconstrueerd werd, bleken deze apparaten vele andere toepassingsmogelijkheden te bezitten, waardoor ze ook hier te lande, niet alleen bij de P.T.T., doch bovendien bij den omroep en bij het hooger technisch onderwijs, goede diensten bewijzen.

Voor een meer algemeen gebruik vormt de omvang en daarmede de prijs der apparatuur echter veelal een belemmering. Vooral, wanneer niet over een lange telefoon-

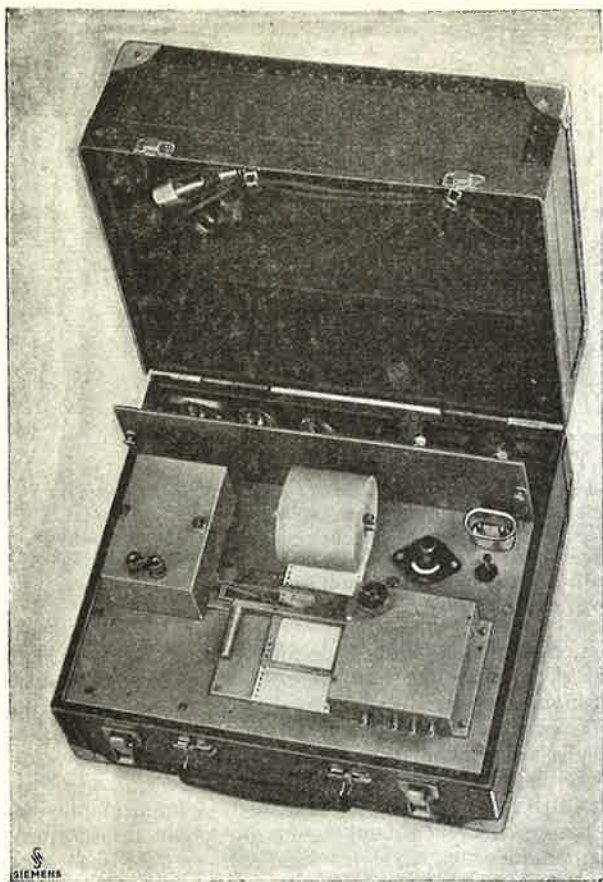


Fig. 1. Registreerende decibelmeter systeem NEUMANN.

lijn gemeten behoeft te worden, doch het meetobject een bij elkaar opstellen van toongenerator en registreertoestel mogelijk maakt, kan met een eenvoudiger apparatuur worden volstaan, waarbij van een synchronisme tusschen beide kan worden afgezien. Bovendien is in vele gevallen reeds een toongenerator aanwezig, of men wensch metingen te doen, waarbij een dergelijke generator overbodig is.

Het is gelukt, voor deze doeleinden, waarbij, zooals bij acoustische metingen, aan de nauwkeurigheid geen exorbitant hooge eischen worden gesteld, met weinig middelen een eenvoudigen, transportabelen, snel-registreerenden decibelmeter te construeeren. Dit in vele opzichten interessante toestel, dat over een frequentiegebied van 30—20.000 Hz een grootste meetbereik van 0 — 75 dB bezit, zal hieronder aan een nadere beschouwing worden onderworpen. Het is een product van het Siemens-concern.

## II. Beschrijving.

Het apparaat (fig. 1) is ondergebracht in een koffer van ca. 380 × 350 × 220 mm. Het bestaat in hoofdzaak uit een uitwisselbaren potentiometer, een versterker, het registreermechanisme en het voedinggedeelte. De schakeling is weergegeven in fig. 2.

De werking berust op het zich steeds automatisch instellen van den ingangspotentiometer P op een zoodanige waarde, dat de uitgangsenergie van den versterker voortdurend constant blijft en waarbij dus de stand van den potentiometer een maatstaf is voor de aangelegde spanning E. Van deze meetspanning wordt door het glijcontact K van den potentiometer een gedeelte aan het rooster van de eerste versterkerlamp AC2 gelegd, hierin en in de daaropvolgende lamp AC2 versterkt en vervolgens in een derde lamp AC2 gelijkgericht.

Met de aldus verkregen gelijkspanning worden twee eindlampen RE 134 gestuurd, waarvan de roosterspanningen zoo zijn ingesteld, dat bij stijgende stuurspanning de anodestroom van de eerste lamp daalt en van de tweede

lamp met een gelijke waarde toeneemt, zoodat de som van de anodestroomen steeds constant is. In elk van de anodekringen is een vaststaande spoel  $S_1$  resp.  $S_2$  opgenomen, die een in de richting van den pijl roterende ijzeren schijf  $M_1$  omsluiten. De schijf  $M_1$  is tezamen met een schijf  $M_2$  op de as van een synchronomotor bevestigd. De schijf  $M_2$  is, in fig. 2, 90° omgeklapt geteekend, doch draait in werkelijkheid parallel aan en even snel als de schijf  $M_1$ . Beide schijven draaien tusschen de beenen van een vork G, waaraan het glijcontact K van den potentiometer, een schrijfstift St en wijzer Z (niet geteekend in fig. 2) zijn bevestigd.

De spoel  $S_1$  magnetiseert hoofdzakelijk het bovengedeelte van de schijf  $M_1$ , zoodat het bovenbeen van de vork erdoor aangetrokken en tengevolge van de draaiing van de schijf naar rechts bewogen wordt. De stroom in  $S_2$  magnetiseert daarentegen de onderhelft van de schijf, waardoor dus het onderbeen van de vork wordt aangetrokken en deze naar links zal bewegen. De magnetische krachtlijnen volgen het in de fig. gestippeld geteekende circuit. Zijn de stroomen in de beide spoelen precies gelijk, dan worden de beide beenen even sterk aangetrokken en verplaatst de vork zich niet. Is de stroom in  $S_2$  grooter dan in  $S_1$ , hetgeen bij zeer kleine meetspanningen van b.v. 8 mV. het geval is, dan beweegt de vork zich dus naar links, naar het begin van de contactbaan van den potentiometer. Stijgt daarentegen de ingangsspanning, dan wordt de stroom in  $S_1$  grooter dan die in  $S_2$  en beweegt de vork zich naar rechts. Op hetzelfde oogenblik verplaatst het glijcontact K zich eveneens naar rechts over de potentiometerbaan, waardoor de ingangsspanning kleiner wordt en de domineerende invloed van  $S_1$  weer wordt verminderd. Het is gemakkelijk in te zien, dat tengevolge van deze wisselwerking spoedig een toestand ontstaat, waarbij de stroomen in  $S_1$  en  $S_2$  weer gelijk zijn en de vork dus stilstaat. De stand, waarin de vork zich dan bevindt, en die door de plaats van het glijcontact op de potentiometerbaan wordt bepaald, is dan een maatstaf voor de meetspanning E.

Het registreermechanisme zorgt er dus voor, dat de spanning, die van den potentiometer wordt afgetakt en aan het rooster van de eerste lamp wordt gelegd, steeds constant is, ongeacht de waarde van de meetspanning E. Wisselt nu de grootte van deze meetspanning, dan zal de vork het glijcontact zoo over de contactbaan heen en weer bewegen, dat de roosterwisselspanning van de eerste lamp constant blijft. De bewegingen van de vork worden door middel van de reeds genoemde schrijfstift opgeteekend op een strook registreerpapier, dat met was overtrokken is.

De insteltijd van het instrument is zeer klein en wordt hoofdzakelijk bepaald door de omtreksnelheid der roterende schijven en door de breedte van het registreerpapier. De schijven maken drie omwentelingen per seconde en hebben een diameter van 40 mm. zoodat de omtreksnelheid 378 mm/s bedraagt. De voor het registreren beschikbare breedte van het papier is 50 mm. Deze weg moet dus bij vollen uitslag worden afgelegd. Daaruit volgt een theoretische insteltijd  $t_e = 50 : 378 = 0,132$  seconden. In werkelijkheid is deze tijd, ten gevolge van de elektrische tijdconstanten en van de, zij het ook geringe, slip tusschen de schijven en de vork, iets langer en bedraagt ca. 150 milliseconden. Bij het grootste meetbereik van 75 dB komt dit dus neer op een registreersnelheid van ongeveer 500 dB per seconde. De papiersnelheid dient zóó te worden gekozen, dat de door de schrijfstift op het papier geteekende curve een duidelijk verloop heeft en niet in elkaar vloeit. Bij snel varierende spanningen is een groote papiersnelheid aan te bevelen, omdat de stift anders een paar maal over dezelfde plaats van het papier beweegt en een duidelijke aflezing dus later niet meer mogelijk is. De aandrijving van de papierstrook is zoo gekozen, dat men door middel van 3 druk-knoppen de snelheden 1, 10 en 50 mm/s kan instellen, terwijl een vierde knop voor het stilzetten van het papier dient. De beugel, die de schrijfstift tegen ongewenschte aanraking beschermt, bevat nog een kam met 11 veerende tanden. Deze kan men tijdens de

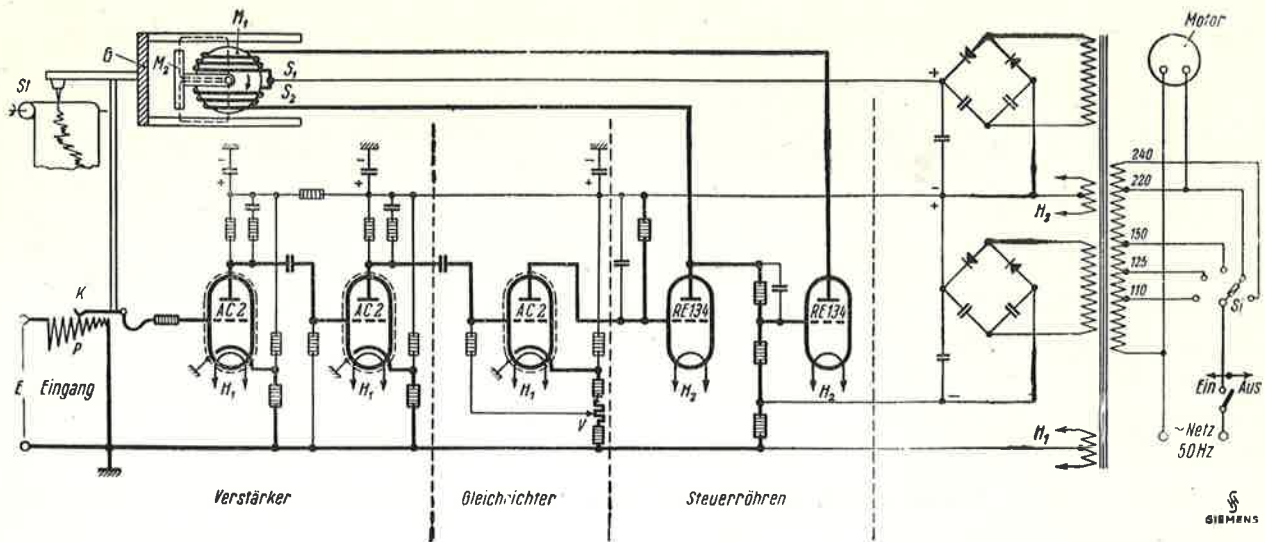


Fig. 2. Schakeling van den registreerden decibelmeter.

meting tegen het registreerpapier drukken, waardoor gelijktijdig met de meetkromme 11 parallel loopende rechte lijnen ontstaan, die als ordinaatindeeling (in decibel, neper of phon) dienst kunnen doen. De abscis is uit den aard der zaak een tijdas, die voor vele metingen in een andere eenheid moet worden omgezet, hetgeen met weinig moeite mogelijk is (zie later).

Hierboven werd reeds vermeld, dat het wenschelijk is, meetinstrumenten voor electro-acoustische doeleinden een logarithmische schaal te geven. De bij den registreerden decibelmeter gebruikte uitwisselbare potentiometers zijn derhalve zoo ingericht, dat een logarithmische aanwijzing van de meetspanning plaats heeft. Deze potentiometers zijn in zeven verschillende uitvoeringen verkrijgbaar, nl. met de meetbereiken: 0 — 25, 50 of 75 dB, 0 — 2,5, 5 of 7,5 neper en 30 — 105 phon. De kleinste meetbare spanning bedraagt in alle gevallen ca. 8 mV. Voor den potentiometer 0 — 75 dB, geldt dus een totaal spanningsbereik van 0,008 — 45 Volt. De potentiometer met een indeeling van 30 — 105 phon dient speciaal voor het meten van geluiden<sup>1)</sup>. Hierbij moet de geluidssterkte in phon's bij elke frequentie zoo worden aangewezen, als ons oor die waarneemt, d.w.z. dat de potentiometer bij verschillende standen karakteristieken volgens de bekende Kingsbury-curven moet bezitten (fig. 3).

Zoals uit fig. 3 blijkt, komt de ijking in phon bij de frequentie 1000 geheel overeen met de normale decibelschaal. Hierbij is uitgegaan van de internationale definitie, dat een absolute geluidsdruk van  $3,16 \times 10^{-4}$  microbar overeenkomt met 0 phon, zoodat dus een geluidsdruk van 1 microbar overeenkomt met 70 phon, of bij 1000 Hz met 70 dB.

De karakteristieken in fig. 3 geven aan, voor welke geluidsdrukken in dB de met ons oor waargenomen geluidssterkte in phon bij verschillende frequenties dezelfde is. Een toon van 1000 Hz bij een geluidsdruk van 30 dB wordt door ons oor b.v. even sterk waargenomen, als een toon van 30 Hz bij een geluidsdruk van 76 dB en beide moeten dus eenzelfde aanwijzing van den registreerden decibelmeter met phon-potentiometer geven. Het laat zich verstaan, dat de schakeling van een dergelijken potentiometer vrij gecompliceerd en omvangrijk wordt. De in fig. 3 afgebeelde karakteristieken gelden voor een inwendigen weerstand van het meetobject van 600 Ohm. Hiermede dient bij de afsluiting van den potentiometer rekening gehouden te worden. De verschillende potentiometers bezitten alle een 100-deelige contactbaan, zoodat b.v. bij den potentiometer van 0 — 50 dB de aanwijzing in trappen van 0,5 dB plaats vindt.

<sup>1)</sup> In verband met de in 1938 gewijzigde definitie der geluidssterkte-eenheid verandert ook de ijking der potentiometers.

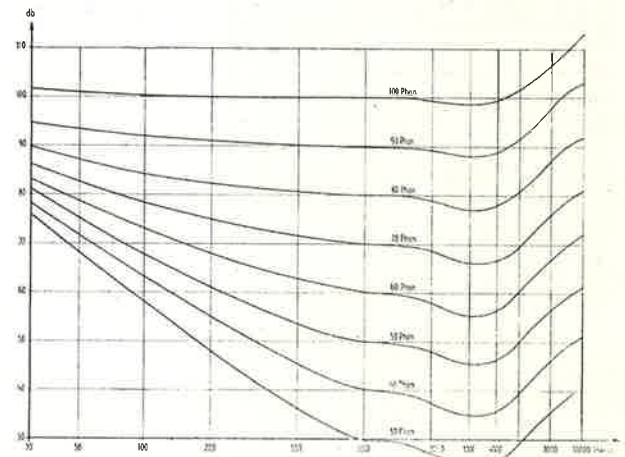


Fig. 3. Dempingskarakteristieken van den in phon geijkten potentiometer.

meter van 0 — 50 dB de aanwijzing in trappen van 0,5 dB plaats vindt.

Het frequentiebereik van den registreerden decibelmeter bedraagt, zooals reeds aangegeven, 30 — 20.000 Hz. Bij 1000 Hz is de nauwkeurigheid  $\pm 2\%$  van den vollen uitslag, terwijl de frequentiekarakteristiek tusschen 30 en 20.000 Hz hoogstens  $\pm 0,5$  dB verloopt. De ingangsimpedantie is ca. 40.000 Ohm, zoodat de meetspanningen door aansluiting van het apparaat niet merkbaar worden beïnvloed.

De constructieve uitvoering van den registreerden decibelmeter is afgebeeld in fig. 1. Aan de bovenzijde van het metalen chassis bevinden zich, onder een afneembaar metalen deksel, de 3 lampen AC2 en de 2 lampen RE 134.

Daarvóór ziet men links den uitwisselbaren potentiometer, die na het losdraaien van twee moeren verwijderd kan worden. Boven op den potentiometer bevinden zich de beide aansluitklemmen voor de meetspanning en ernaast de rol registreerpapier met schrijfstift en wijzer. Aan de rechterzijde ziet men de papiertransportinrichting met de 4 drukknoppen voor verschillende snelheden en een draaiknop voor het op gang brengen van den synchroommotor. Deze motor dient tevens voor de aandrijving van de magneetschijven en bevindt zich tezamen hiermede en met de vork onder het chassis, waar ook het voedingsgedeelte voor aansluiting van het toestel op het lichtnet ondergebracht is. Het kofferdeksel, waarin het aansluitsnoer bevestigd kan worden, is afneembaar.

### III. Toepassingen.

Men kan het toestel uit den aard der zaak voor de logarithmische registratie van alle mogelijke verschijnselen

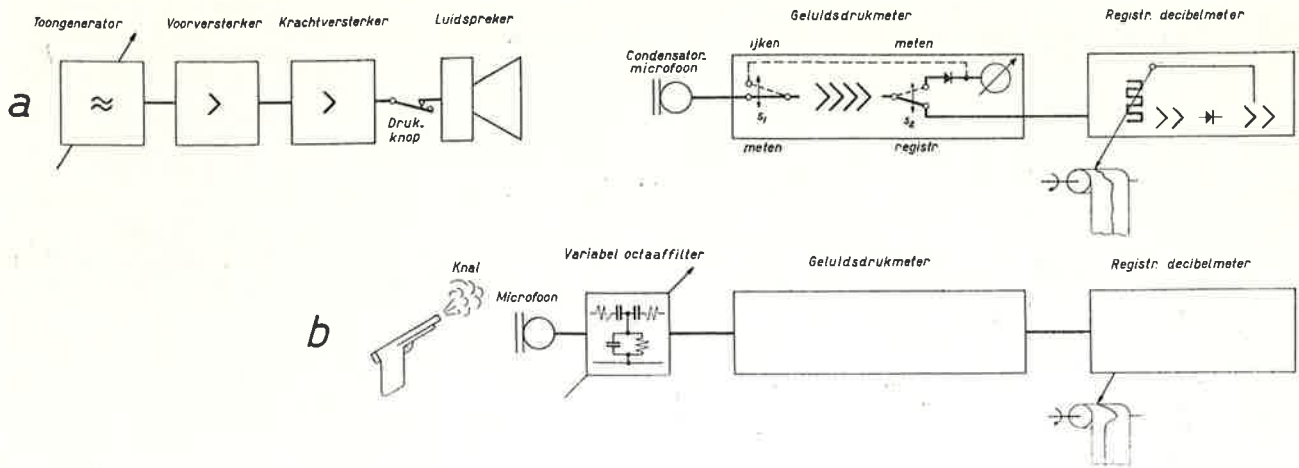


Fig. 4. Nagalmmetingen met den registreerenden decibelmeter.

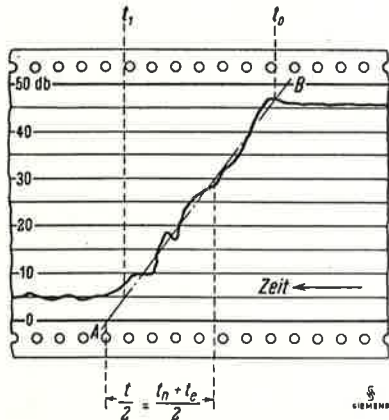


Fig. 5. Nagalmmetingskromme, opgenomen met den registreerenden decibelmeter.

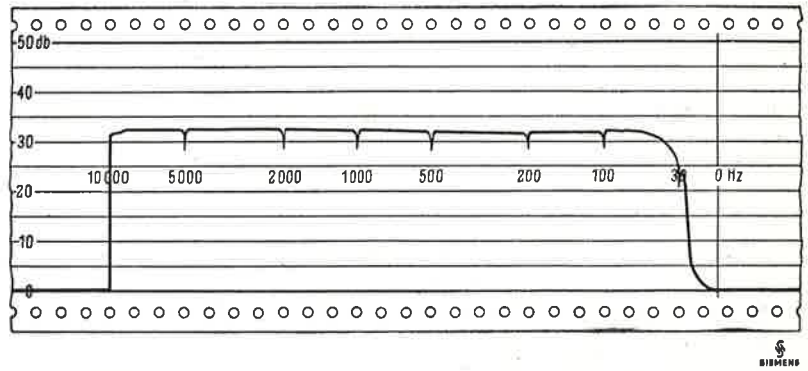


Fig. 7. Frequentie-karakteristiek van een toonfrequent-generator (papier-snelheid 1 mm/s).

gebruiken, mits deze kunnen worden omgezet in wisselspanningen binnen het frequentie- en het meetbereik van het apparaat. Of die spanningen afkomstig zijn van elektrische, mechanische of acoustische verschijnselen, doet niets ter zake.

De toepassingsmogelijkheden zijn legio. Beperken wij ons hier b.v. tot het gebied der electro-acoustiek, dan kunnen wij o.a. noemen: onderzoekingen aan microfoons, pick-up's, fotocellen, versterkers, tooncorrectors, toongeneratoren, laagfrequent-transformatoren, luidsprekers, enz. Bij het onderzoek van microfoons e.d. kan de decibelmeter in vele gevallen, dank zij de groote gevoeligheid en den hoogen inwendigen weerstand, direct hierop worden aangesloten. Ook bij de thans zeer actueele lawaai-bestrijding kan het toestel goede diensten bewijzen, omdat het de phon-sterkte bij wijze van spreken „zwart op wit" geeft, hetgeen bij overtreding der anti-lawaai-verordeningen van groot belang is.

Wij zullen hieronder eenige interessante toepassingsmogelijkheden<sup>2)</sup> wat uitvoeriger bespreken, te weten nagalmmetingen, de meting van frequentiekarakteristieken en de meting van de weergavekarakteristieken van luidsprekers en de opnamekarakteristiek van microfoons.

**Nagalmmetingen.** Eén van de belangrijkste factoren, die de acoustiek van een ruimte bepalen, is de nagalmtijd; dit is volgens de definitie van SABINE de tijd, waarin, nadat de geluidsbron het zwijgen is opgelegd, de geluidsdruk van een willekeurige waarde tot op een duizendste van deze waarde is gedaald. De geluidsdichtheid daalt hierbij tot op een miljoenste van de oorspronkelijke waarde. Deze nagalmtijd is meestal niet voor alle frequenties dezelfde en

hangt voornamelijk af van het luchtvolume en van de geluidsabsorptie van de ruimte. De nagalmtijd is van belang voor ruimten, waarin geluiden ontstaan en tevens ten gehore worden gebracht, zooals concertzalen, schouwburgen, kerken, aula's, enz. maar ook voor omroep- en filmstudio's en studio's voor het opnemen van gramofoonplaten, van waaruit het geluid dus met technische hulpmiddelen direct of wel later naar andere ruimten moet worden overgebracht.

Schakelt men de geluidsbron, b.v. een luidspreker, in een ruimte plotseling uit, dan is de geluidsterkte niet onmiddellijk nul, doch zij daalt geleidelijk, totdat na een zekeren tijd de gehoorrens is bereikt en wij niets meer waarnemen. Deze tijd is natuurlijk afhankelijk van de geluidsterkte, waarvan werd uitgegaan, doch de eigenlijke nagalmtijd volgens de hierboven genoemde definitie wordt hierdoor niet beïnvloed, mits de afname der geluidsterkte een exponentieel verloop heeft.

Wanneer voor een zaal een nagalmtijd wordt opgegeven, geldt deze meestal voor een gemiddelde frequentie van b.v. 512 of 1.000 Hz. Voor een juiste beoordeling der acoustische eigenschappen van de zaal dient men echter den nagalmtijd bij alle voorkomende frequenties te kennen. Er zijn nu verschillende manieren, om den nagalmtijd als functie van de frequentie te meten. Men kan b.v. de geluidsbron achter elkaar tonen van verschillende frequentie laten opwekken en voor elke frequentie een nagalmmeting uitvoeren (zie fig. 4a), of men laat telkens, b.v. door een pistoolschot, een groot aantal frequenties gelijktijdig optreden en zeft met een regelbaar frequentiefilter steeds een smallen band uit (fig. 4b).

Volgens een derde methode voert men de nagalmmetingen uit bij een met toehoorders gevulde zaal op een moment, dat volgens de partituur na een fortissimo alle instrumenten van het orkest plotseling zwijgen.

<sup>2)</sup> Ontleend aan mededeelingen van de Versterkerafdeeling van Siemens & Halske A. G., Berlijn-Siemensstadt.

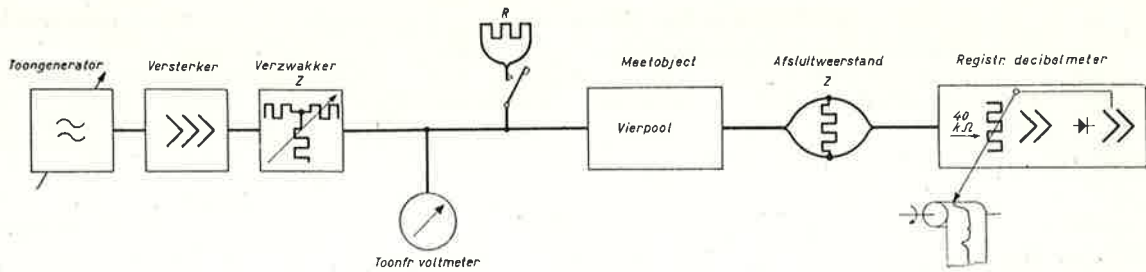


Fig. 6. Meting van frequentiearakteristiek van vierpolen (versterkers, filters, enz.)

Bij al deze methoden kan de registreerende decibelmeter goede diensten bewijzen. Het geluid in de ruimte, waarvan de nagalmtijd gemeten moet worden, wordt door een microfoon in elektrische energie omgezet, die via een versterker naar den decibelmeter wordt gevoerd. Als versterker

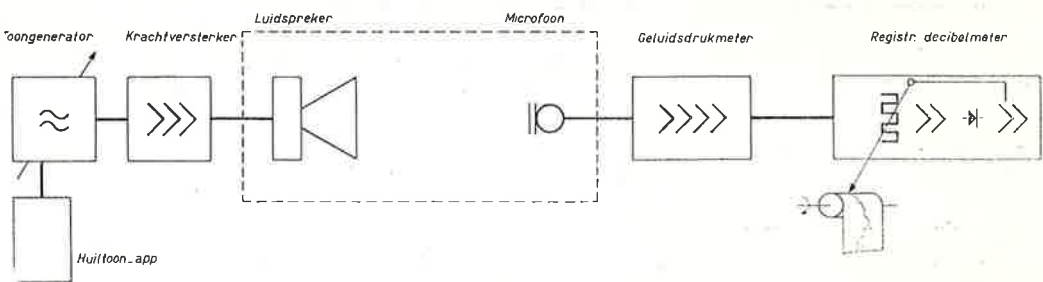


Fig. 8. Meting van de weergavekarakteristiek van luidsprekers.

kan men het beste den zgn. geluidsdrukmeter gebruiken omdat men vóór elke nagalmmeting steeds den dan heerschenden geluidsdruk kan meten. De decibelmeter wordt van een passende potentiometer voorzien in dit geval b.v. van dien met een bereik van 0—50 dB, terwijl de papiersnelheid op de grootste waarde van 50 mm/s wordt ingesteld. Nadat de versterking van den geluidsdrukmeter door middel van de ingebouwde terugkoppeling (gestippelde verbinding via schakelaar  $S_1$ ) op een bekende waarde is ingesteld, kan door het omzetten van schakelaar  $S_2$  afwisselend de geluidsdruk en de nagalmtijd worden gemeten. Daar de nagalmkarakteristiek  $p = f(t)$  theoretisch een exponentieel verloop heeft en de decibelmeter den geluidsdruk  $p$  logarithmisch registreert, zou de verkregen „kromme” een rechte lijn moeten zijn. Ten gevolge van acoustische nevenverschijnselen, zooals geluidsreflecties, staande golven, enz. zal deze kromme in werkelijkheid een min of meer afwijkenden vorm hebben. Fig. 5 geeft een voorbeeld van een met den decibelmeter opgenomen nagalmkromme.

In verband met de richting van de papierbeweging in den decibelmeter loopt de tijdas in het bovenstaande diagram van rechts naar links. Het tijdstip  $t_0$  geeft het oogenblik aan, waarop de geluidsbron (luidspreker) afgeschakeld werd. Bij  $t_1$  was de geluidsdruk zoover gedaald, dat de sterkte van het heerschend ruimtegeruisch was bereikt. Het tusschen deze beide punten geregistreerde diagram blijkt goed door een rechte lijn  $AB$  te kunnen worden benaderd. De helling van deze lijn is een maatstaf voor den nagalmtijd  $t_n$ . Daar  $t_n$  de tijd is, waarin de geluidsdruk  $p$  tot  $1/1000$  van de oorspronkelijke waarde daalt, komt dit op het logarithmische registreerpapier overeen met 60 dB van de ordinaat-indeeling. Dit papier is echter, bij gebruik van den potentiometer voor 50 dB, ingedeeld in 10 gelijke trappen van 5 dB. Wij meten dus

gemakshalve de helft van den tijd  $\frac{t}{2}$ , waarin de geluidsdruk 30 dB gedaald is. Gedurende deze daling heeft het papier een weg van 23 mm afgelegd. Daar de papiersnelheid ingesteld was op 50 mm/s, vinden wij dus voor den

tijd  $\frac{t}{2} = \frac{23}{50} = 0,46$  s, zoodat  $t = 920$  ms. De tijd  $t$  bestaat uit den gezochten nagalmtijd  $t_n$  en uit den inslingertijd  $t_s$  van het registreerinstrument. Deze inslingertijd, die bij gelijke papiersnelheid door het in- en uitschakelen van een bekende wisselspanning kan worden bepaald, bedraagt in bovenstaand voorbeeld 160 ms voor 60 dB. Wij vinden

voor den werkelijken nagalmtijd dus  $t_n = t - t_s = 920 - 160 = 760$  ms.

Men kan door middel van nagalmmetingen ook de geluidsabsorptie van verschillende bouwmaterialen bepalen. Men gebruikt hiervoor een speciale onderzoekingsruimte en meet den nagalmtijd vóór en na het inbrengen van een bepaald oppervlak geluidsabsorberend materiaal. Uit het verschil in nagalmtijd kan de absorptie-coëfficiënt van het materiaal worden berekend.

De frequentie, waarbij men de nagalmmeting wil uitvoeren, stelt men bij de schakeling volgens fig. 4a met den toongenerator en bij fig. 4b met het variabele filter in.

**Frequentiearakteristieken.** Ook voor het registreeren van dempings-, versterkings- of spanningsgrootheden als functie van de frequentie bij alle soorten vierpolen kan men dezen decibelmeter met goed gevolg gebruiken. Voorts kan de invloed van de frequentie op de uitgangsspanning van toonfrequentatoren in een bereik van 30—20.000 Hz worden geregistreerd. Daar het registreerpapier in de bewegingsrichting (abscis) geen bijzondere indeeling bezit, stelt de lengte van een bepaald stuk een tijdsduur voor, die uit de papiersnelheid kan worden berekend. Voert men metingen uit bij verschillende frequenties, dan is het zeer gewenscht, dat men deze frequenties in het diagram gemakkelijk kan herkennen. Dit is mogelijk, indien men volgens de schakeling van fig. 6 bij elke nieuwe frequentie door het drukken op een knop de meetspanning even vermindert.

Er wordt dan een karakteristiek geregistreerd, die het karakter heeft van fig. 7. Bij het drukken op den knop ontstaat een benedenwaartsche piek, waarbij men later de frequenties kan schrijven.

Voor de meting van de frequentiearakteristiek van vierpolen is een toongenerator met versterker noodig, die een frequentie-onafhankelijke uitgangsspanning levert.

Voor dempings- en versterkingsmetingen moet bovendien de grootte van deze uitgangsspanning precies bekend zijn. Daartoe schakelt men achter den generator met versterker een toonfrequent-voltmeter. De te meten vierpool moet aan beide zijden natuurlijk door passende weerstanden worden afgesloten (Z). De frequentie-instelling van den toonfrequent-generator kan met de hand, doch ook door een synchronomotor geschieden. Deze laatste methode geniet de voorkeur, wanneer men zeer veel metingen moet uitvoeren.

Men kan dan van celluloid een schabloon vervaardigen, waarop de verschillende frequenties direct kunnen worden



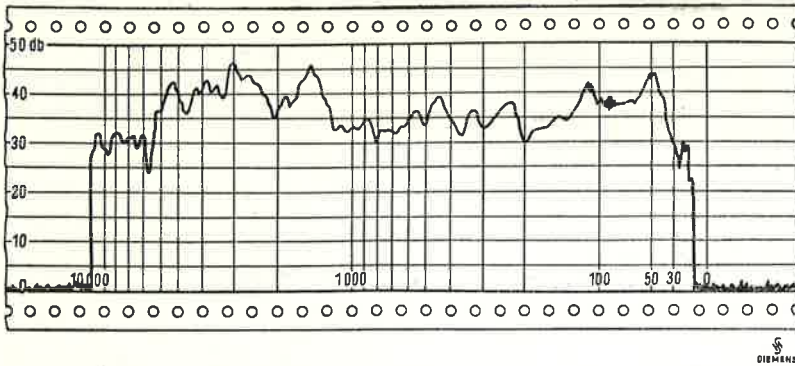


Fig. 9. Weergavekarakteristiek van een luidspreker, opgenomen met den registreerenden decibelmeter.

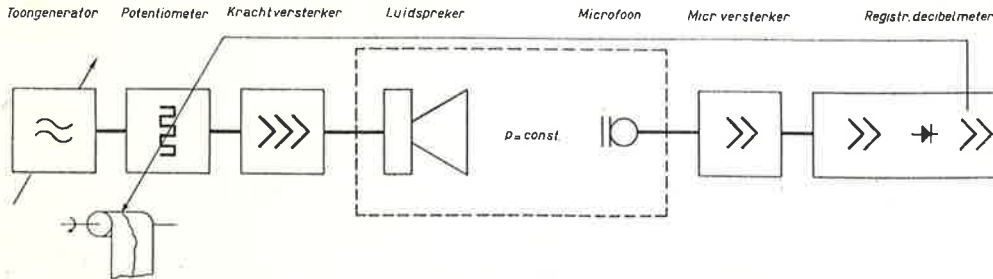


Fig. 10. Schakeling voor het verkrijgen van een constanten geluidsdruk.

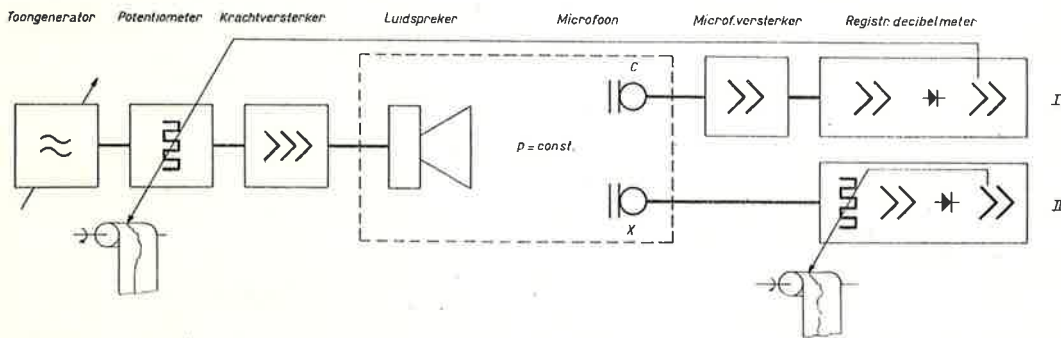


Fig. 11. Schakeling voor de ijking van microfoons.

afgelezen. De tijd, waarin het geheele frequentiebereik van den generator wordt doorlopen, is dan n.l. steeds constant, zoodat er een vast verband bestaat tusschen de uitgezonden frequentie en den afstand, die het papier vanaf het begin van de meting heeft afgelegd. Natuurlijk moeten de toongenerator en het registreerpapier op hetzelfde oogenblik starten.

**Weergavekarakteristieken van luidsprekers.** Deze karakteristieken kan men meten met de schakeling van fig. 8. Evenals bij de meting van frequentiekarakteristieken van willekeurige vierpolen volgens fig. 6, gaan wij ook hier uit van een toonfrequent-generator met bijbehorenden krachtversterker. Hierop wordt de luidspreker aangesloten, waarvan wij de uitgestraalde geluidsenergie als functie van de frequentie willen meten.

Ook hier hebben wij eigenlijk te maken met een vierpool, die gevormd wordt door de combinatie luidspreker-lucht-medium-microfoon. Daar alleen de eigenschappen van den luidspreker gemeten worden, dienen de beide overige frequenties onafhankelijk te zijn, zoodat hiertoe gebruik gemaakt wordt van een specialen condensator-meetmicrofoon, zooals b.v. bij den geluidsdrukmeter toegepast wordt. De geluidsdrukmeter zelf is ook in dit geval zeer goed als microfoonversterker te gebruiken, daar deze een zeer vlakke frequentie-karakteristiek bezit.

Om het optreden van staande golven te voorkomen, wordt op den toonfrequent-generator nog een huiltoonapparaat aangesloten. Doet men dit niet, dan is het nood-

zakelijk, de metingen in de open lucht of in een zgn. geluidlooze kamer uit te voeren, waarvan de wanden alle geluidsgolven direct volkomen absorbeeren. Elke uitgezonden geluidsgolf breidt zich in zoo'n ruimte dan slechts éénmaal uit en passeert dus op haar weg slechts één keer den microfoon. In fig. 9 is de weergavekarakteristiek van een op bovenstaande wijze gemeten luidspreker afgebeeld.

**Opnamekarakteristieken van microfoons.** Om de opnamegevoeligheid van microfoons voor tonen van verschillende frequentie te meten, moet men de beschik-

king hebben over een geluidsbron, die deze tonen met constante sterkte uitzendt. Daar het tonu toe nog niet gelukt is, luidsprekers te vervaardigen met een voor alle frequenties even groot nuttig effect, kan de schakeling van fig. 8 in dit geval niet zonder meer worden gebruikt, tenzij de luidsprekerkarakteristiek precies bekend is en hiermede bij het meetresultaat rekening wordt gehouden.

Door von BRAUNMÜHL en WEBER is echter een veel fraaiere methode aangegeven, om microfoonkarakteristieken e.d. op te nemen<sup>3)</sup>. Zij zijn

hierbij uitgegaan van de gedachte, om de verschillen in nuttig effect van den luidspreker bij verschillende frequenties door middel van een regelinrichting automatisch te compenseeren, waardoor de opgewekte geluidsdruk voor alle frequenties dezelfde wordt. Hierbij kan als regelinrichting de registreerende decibelmeter gebruikt worden. Wij hebben gezien, dat de spanning aan het rooster van de eerste lamp bij wisselende ingangsspanning door de overeenkomstig hiermede wisselende beweging van het potentiometercontact constant wordt gehouden. Schakelt men nu tusschen dezen potentiometer en de eerste lamp een combinatie, bestaande uit versterker-luidspreker-microfoon-versterker (zie fig. 10), dan is gemakkelijk in te zien, dat de uitgangsspanning van den microfoon met bijbehorenden versterker dan steeds op een constante waarde wordt ingesteld. Zijn deze beide apparaten frequentie-lineair, dan is dus ook de geluidsdruk, die door den luidspreker wordt opgewekt, steeds constant, hetgeen voor bepaalde metingen juist gewenscht werd.

De decibelmeter regelt en registreert tegelijk de spanning, die door den toonfrequent-generator aan den krachtversterker wordt toegevoerd, zoodat men tevens kan controleeren, of de versterker tijdens de meting niet overbelast wordt. Wanneer ook de krachtversterker frequentie-lineair is, kan uit het geregisteerde diagram van den decibel-

<sup>3)</sup> H. J. v. BRAUNMÜHL en W. WEBER, *E.N.T.*, 12, 1935, blz. 223.

meter tevens de spanning worden afgeleid, die bij de verschillende frequenties op de luidsprekerklemmen heeft gestaan. Daar de geluidsdruk bij al deze frequenties automatisch constant werd gehouden, geeft het diagram dus aan, welke spanningen bij de verschillende frequenties aan den luidspreker moeten worden gelegd, om denzelfden geluidsdruk op te wekken. Zijn klemspanning en geluidsdruk met elkaar evenredig, dan kan men dus ook de weergavekarakteristiek, aangevende den geluidsdruk als functie van de frequentie bij constante klemspanning, hieruit destilleeren.

De schakeling volgens fig. 10 is echter van meer belang voor het meten van de opnamekarakteristieken van microfoons, waartoe dan weliswaar o.a. nog een tweede registrerende decibelmeter noodig is. Wij krijgen dan een schakeling volgens fig. 11.

De frequentie-lineaire condensatormicrofoon C en de onbekende microfoon X worden in de open lucht of in een geluidloze kamer symmetrisch ten opzichte van de as van den luidspreker opgehangen. De condensatormicrofoon, de microfoonversterker en de registrerende decibelmeter I zorgen voor een steeds gelijkblijvenden geluidsdruk, terwijl de decibelmeter II de uitgangsspanningen van den onbekenden microfoon X registreert als functie

van de frequentie. Langs dezen weg verkrijgen wij dus de gevraagde opnamekarakteristiek van den microfoon.

Men kan den registrerenden decibelmeter voorts ook gebruiken voor het meten van inslingerverschijnselen. Hiertoe moet men eerst de schaal ijken, zoodat precies bekend is met welke spanning het begin van de schaalverdeling overeenkomt. Men geeft dan spanningsimpulsen op een versterker en registreert deze met den decibelmeter. Als deze goed ingesteld is en de inslingertijd van den versterker nul is, dan is de aanlooptijd van de schrijfstift van den decibelmeter gelijk aan den teruglooptijd. Uit eventueele verschillen tusschen deze beide tijden, die uit het geregistreerde impulsdiagram kunnen worden afgelezen, kan men dan den inslingertijd van den versterker bepalen.

Met weinig hulpmiddelen kan men met den decibelmeter ook de impedantie-karakteristiek van allerlei meer of minder gecompliceerde schakelingen, zooals generatoren, tooncorrectoren, filters, netwerken, enz. meten, terwijl ten slotte nog de mogelijkheid dient te worden vermeld, om het apparaat voor het registreren van spraak en muziek, b.v. bij modulatiemetingen e.d., te gebruiken.

