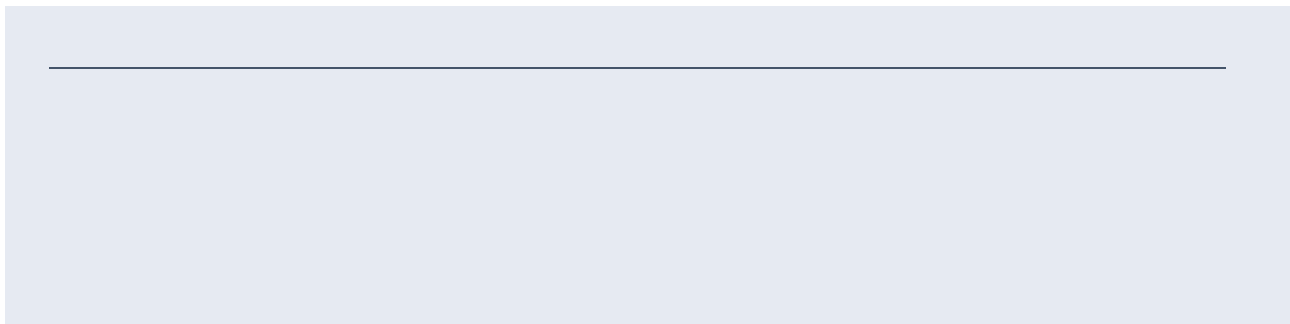


VEJLEDNING

Vejledning i kalibrering og vedligeholdelse af udstyr til audiometri - luftledning og benledning

Udgivelsesdato.: 2023-11-30

Side 1 of 19



OVERSIGT

Titel	Vejledning i kalibrering og vedligeholdelse af udstyr til audiometri - luftledning og benledning
Resume	<p>Denne vejledning er tænkt som et hjælpemiddel i forbindelse med kalibrering og vedligeholdelse af udstyr til konventionel audiometri.</p> <p>Emner der behandles er:</p> <ul style="list-style-type: none">- Baggrundsstøj i testrum- Kalibrering af udstyr- Vedligeholdelse af udstyr
Udført af	Mikkel Andreasen Specialist
Dato	2023-11-30
Kontaktoplysninger	<p>FORCE Technology Teknisk Audiologisk Laboratorium Edisonsvej 24 5000 Odense C Danmark</p> <p>Telefon: +45 43 25 00 00 Hjemmeside: audiologi.dk</p>

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Indledning.....	4
2	Baggrundsstøj i målerum	5
2.1	Dæmpning fra luftleder	6
3	Kalibrering.....	8
3.1	Luftledning – hovedtelefon.....	8
3.2	Luftledning – insert telefon	10
3.3	Benledning	12
3.4	Maskeringsstøj.....	13
3.5	Frekvens	14
3.6	Taleaudiometri.....	14
4	Kalibrering og vedligeholdelse af udstyr	15
4.1	Rutinetjek og subjektiv kontrol	15
4.2	Periodisk objektiv kontrol.....	16
4.3	Grundlæggende kalibrering	16
	Appendiks 1 – Korrektionstabel for benledning placeret på panden.....	17
	Appendiks 2 – Standardoversigt	18
	Dokument Historik	19

1 Indledning

For at sikre sig en pålidelig audiometriprøve er der flere faktorer man bør være opmærksom på.

Man bør bl.a. sikre sig at baggrundsstøjen i det anvendte lokale er tilstrækkelig lav til ikke at influere på resultaterne. Desuden bør det jævnligt kontrolleres at det benyttede udstyr er i orden. Det er f.eks. yderst vigtigt at kontrollere at kalibreringen ligger indenfor tolerancen. Selvom et audiometer er kalibreret når det anskaffes, vil daglig brug, slitage mv. påvirke udstyrets justering over tid. Nedslidte dele bør udskiftes osv.

Kalibrering af måleudstyret er forudsætningen for at kunne gennemføre korrekt audiometri som kan danne grundlag for korrekt høreapparattilpasning mv. Det er derfor vigtigt at få indarbejdet rutiner og procedurer så forkerte resultater ved audiometrien undgås.

Denne vejledning er tænkt som et hjælpemiddel til kalibrering og vedligeholdelse af audiometriudstyr. Den indeholder kalibreringsværdier for de mest anvendte funktioner og procedurer for vedligeholdelse og kalibrering.

Der bliver i denne vejledning refereret til aktuelle danske/internationale standarder indenfor audiometri, audiometre m.v. En samlet liste over nævnte standarder kan findes i appendiks 2.

2 Baggrundsstøj i målerum

Når der skal foretages en høreprøve, er det nødvendigt at have kendskab til baggrundsstøjniveauet. For høj baggrundsstøj i målerummet kan maskere testsignalerne og dermed føre til fejlagtige måleresultater.

Baggrundsstøjniveauet i målerummet kontrolleres ved hjælp af en 1/3 oktav frekvensanalysator eller en lydtryksmåler med lignende faciliteter. Fig. 2.1 viser de maksimalt tilladte baggrundsstøjniveauer (DS/EN ISO 8253-1) for hovedtelefon audiometri med henholdsvis 125 Hz, 250 Hz og 500 Hz som laveste testfrekvens. Det skal her bemærkes at disse værdier er ved benyttelse af typiske supraaurale hovedtelefoner (data baseret på Telephonics TDH-39 og Beyer DT48). De maksimalt tilladte baggrundsstøjniveauer for benleder er vist i Fig. 2.2 med henholdsvis 125 Hz og 250 Hz som laveste testfrekvens.

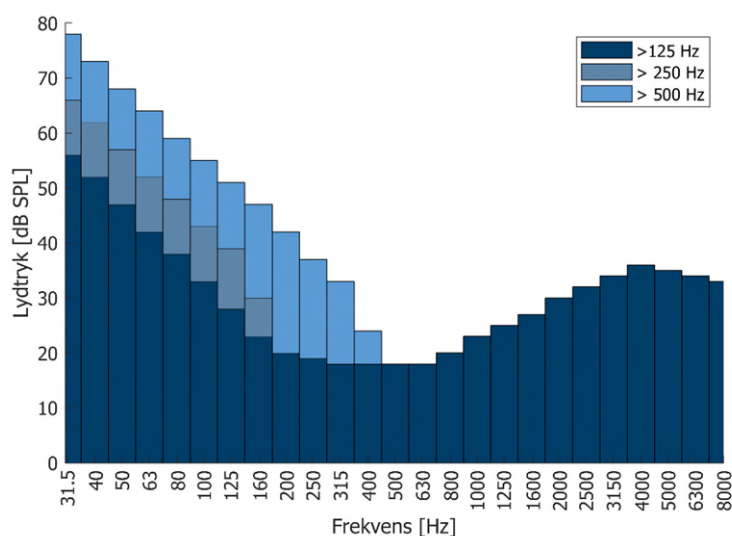


Fig. 2.1 Maksimale baggrundsstøjniveauer ved 0 dB HL for toneaudiometri med hovedtelefoner (Telephonics TDH-39 m. MX 41/AR kopper & Beyer DT48).

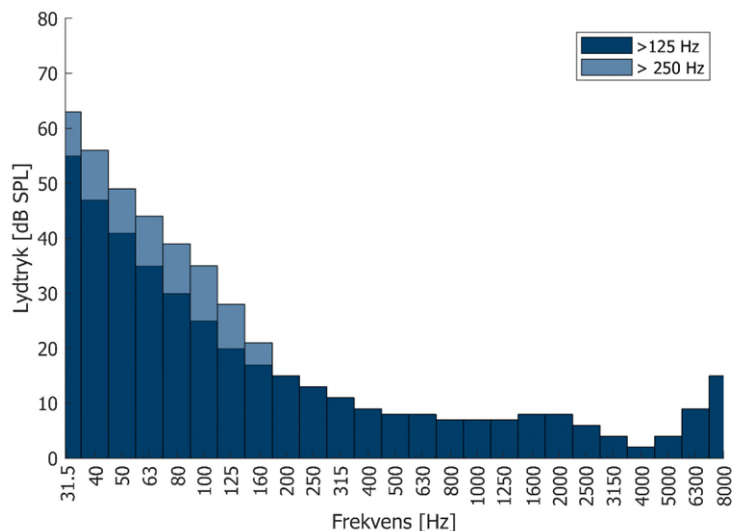


Fig. 2.2 Maksimale baggrundsstøjniveauer ved 0 dB HL for toneaudiometri med benleder.

Værdierne i Fig. 2.1 og Fig. 2.2 gælder for høretærskler ned til 0 dB HL, med en maksimal usikkerhed på ± 2 dB som følge af baggrundsstøj. Hvis 5 dB usikkerhed som følge af baggrundsstøj kan accepteres, kan der lægges 8 dB til værdierne i Fig. 2.1 og Fig. 2.2. Hvis der er behov for at måle lavere tærskler end 0 dB HL, bliver kravet til baggrundsstøjen skærpet. Skal der f.eks. måles tærskler ned til -10 dB HL, skal der trækkes 10 dB fra værdierne i Fig. 2.1 og Fig. 2.2.

Baggrundsstøjen skal måles på testpersonens plads, men uden at personen er til stede. Baggrundsstøjen skal desuden måles under betingelser som er normalt forekommende når der foretages høreprøver. F.eks. skal ventilationsanlæg og belysning være tændt når baggrundsstøjen måles, såfremt dette er tilfældet i praksis.

Det bør i forbindelse med måling af baggrundsstøj bemærkes, at de fleste konventionelle lydtryksmålere ikke kan måle lydtryksniveauer under 5 dB SPL i 1/3 oktaver.

Hvis det nødvendige udstyr til måling af baggrundsstøj ikke forefindes, kan der i stedet udføres en audiometriprøve på 2 forsøgspersoner eller mere. Forsøgspersonerne skal være normalthørende med stabile audiogrammer og en bedre hørelse end de personer der normalt får taget høreprøve på stedet. Hvis den fundne høretærskel for forsøgspersonerne er 5 dB eller mere over det normale, er det sandsynligt at baggrundsstøjen er for høj. Audiometrien skal gennemføres under normale betingelser.

2.1 Dæmpning fra luftleder

Forhold i målerummet kan fordre et ønske om øget dæmpning ved luftledningsmålinger. Dette kan opnås ved at vælge en hovedtelefonstype med yderligere passiv dæmpning end Telephonics TDH-39 m. MX 41/AR kopper eller Beyer DT48. I Tabel 2.1 ses dæmpningsgrader for typiske supraaurale hovedtelefoner (Telephonics TDH-39/Beyer DT48), Etymotic Research ER-3A og Sennheiser HDA 200, disse stammer fra DS/EN ISO 8253-1.

I de senere år, er flere nye hovedtelefon-typer kommet på markedet[†]. Tabel 2.1 forholder sig til de i standarden (DS/EN ISO 8253-1) angivne dæmpningsgrader, for de anviste hovedtelefoner. Ved anvendelse af ikke-standardiserede/nye hovedtelefoner henvises til producentens datablad.

De maksimale baggrundsstøjniveauer vist i Fig. 2.1 er angivet for brug af typiske supraaurale hovedtelefoner (Telephonics TDH-39/Beyer DT48). Hvis en anden hovedtelefonstype, med anderledes dæmpningsværdier, benyttes, fratrækkes værdierne i kolonne 2 af Tabel 2.1 de aktuelle dæmpningsværdier, hvorefter disse adderes til niveauerne i Fig. 2.1.

F.eks.: maksimal baggrundsstøj ved en centerfrekvens=63 Hz ved måling fra 125 Hz med Etymotic ER-3A.

Maksimal tilladt baggrundsstøj = $42 + (33 - 1) = 74$ dB SPL, hvor de 42 dB SPL findes i DS/EN ISO 8253-1 tabel 2, de 33 dB findes i Tabel 2.1 kolonne 3 og de 1 dB findes i Tabel 2.1 kolonne 2.

Fortsættes disse beregninger for alle 1/3 oktav punkter, findes grafen vis i Fig. 2.3.

[†] I Danmark er øget støj dæmpning, i en længere årrække, også opnået ved at kombinere et Peltor høreværn og en TDH-39 el. DD45 transducer med kop. Denne kombination øger det maksimalt tilladte baggrundsstøj ved luftledningsmålinger, men kommer med en pris ift. præcision på de audiologiske målinger. Dette skyldes, at de supraaurale THD-39/DD45 hovedtelefoner separat kalibreres på en DS/EN 60318-3 kobler (se afsnit 3.1 for detaljer om kalibrering), men systemet som helhed er en circumaural hovedtelefon, hvor der ikke foreligger kalibreringsdata for på en DS/EN 60318-1 kobler.

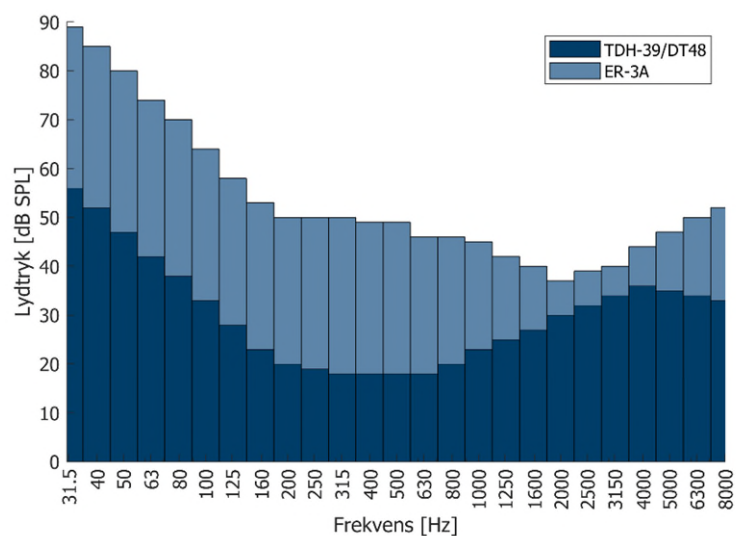


Fig. 2.3 Maksimale baggrundsstøjniveauer ved 0 dB HL for toneaudiometri med Etymotic ER-3A.

Center-frekvens [Hz]	Typisk supraaural hovedtelefon [dB]	Etymotic Research ER-3A [dB]	Sennheiser HDA 200 [dB]
31.5	0	33	-
40	0	33	-
50	0	33	-
63	1	33	17
80	1	33	16
100	2	33	15
125	3	33	15
160	4	34	15
200	5	35	16
250	5	36	16
315	5	37	18
400	6	37	20
500	7	38	23
630	9	37	25
800	11	37	27
1000	15	37	29
1250	18	35	30
1600	21	34	31
2000	26	33	32
2500	28	35	37
3150	31	37	41
4000	32	40	46
5000	29	41	45
6300	26	42	45
8000	24	43	44

Tabel 2.1 Gennemsnitlig dæmpning for forskellige hovedtefontyper i hele dB (DS/EN ISO 8253-1).

3 Kalibrering

Kalibrering af udstyr er vigtigt, da ikke-kalibreret udstyr kan resultere i fejl ved audiometri. I det følgende beskrives hvordan de mest anvendte funktioner kalibreres. Kalibreringsværdierne (RETSPL og RETVFL) i dette afsnit forudsætter at det benyttede udstyr er kalibreret i dB SPL (lydtrykket i dB ift. en reference på 20 μ P) for luftledning og dB VFL (vibrationskraft i dB ift. en reference på 1 μ N) for benledning.

I audiometri anvendes tre typer af luftlydstransducere (se afsnit 3.1 og 3.2), samt benleder (se afsnit 3.3) til overførsel af vibrationer. Luftlydstransducerne kan være supraaurale hovedtelefon-typer som placeres på øret, circumaurale hovedtelefon-typer som har puderne rundt om øret, eller insert-telefoner som placeres i øregangen, typisk med en ekspanderende skumprop der sikrer en tæt lukning af øregangen. Til fælles for kalibrering af de nævnte transducertyper er, at en form for kobler benyttes til at facilitere en ensartet kobling og overførsel mellem transduceren og et elektrisk målesystem.

Grundet at koblerne, nævnt i de følgende underafsnit, ikke repræsenterer gennemsnitlige menneskelige ører, er der behov for en overførselsfunktion (korrektionsværdier som funktion af frekvensen) fra en given transducer, på et gennemsnitligt øre, til lydtryk eller kraft målt på koblerne. I det understående omtales disse som enten kalibreringsværdier (bred betegnelse), RETSPL'er (Reference Equivalent Threshold Sound Pressure Level) eller RETVFL'er (Reference Equivalent Threshold Vibratory Force Level).

RETSPL'er og RETVFL'er for en given transducer på en given kobler, beskriver overførselsfunktionen mellem de målte lydtryk/kræfter i kobleren, til gennemsnittet af et større antal normalthørende personer, af begge køn, i alderen 18-25 år.

3.1 Luftledning – hovedtelefon

Som udgangspunkt benyttes DS/EN ISO 389-1 ifm. kalibrering af hovedtelefoner til audiometri. Der kan benyttes to forskellige koblere der følger enten DS/EN 60318-3 eller DS/EN 60318-1 standarden (se Fig. 3.1 og Fig. 3.2).



Fig. 3.1 DS/EN 60318-3 kobler (6CC kobler)



Fig. 3.2 DS/EN 60318-1 kobler (artificial ear)

DS/EN 60318-3 kobleren blev designet først og er den mest simple, idet den i princippet kun består af et 6 cm³ stort hulrum. Kobleren går derfor også under betegnelsen 6CC kobler.

Til DS/EN 60318-3 kobleren hører der flere sæt kalibreringsdata, alt efter hvilken type hovedtelefon der benyttes. Kalibreringsværdier, for de i Danmark mest almindelige hovedtefontyper, er vist i Tabel 3.1.

DS/EN 60318-1 (Artificial Ear) blev designet med henblik på en bedre simulering af øret, således at der kun skulle bruges et sæt kalibreringsværdier uafhængigt af hovedtefontype. Ydermere er det med DS/EN 60318-1 kobleren muligt at måle på circumaurale hovedtelefoner, ved at benytte adapterpladen vist i Fig. 3.3 og Fig. 3.4. Det generiske sæt kalibreringsværdier har dog i praksis vist sig ikke at holde stik, hvorfor der for hovedtelefoner kalibreret med DS/EN 60318-1 kobleren, også findes modelspecifikke kalibreringsværdier. De generiske kalibreringsværdier, og et udvalg af modelspecifikke kalibreringsværdier for gængse anvendte hovedtefontyper, er vist i Tabel 3.2.

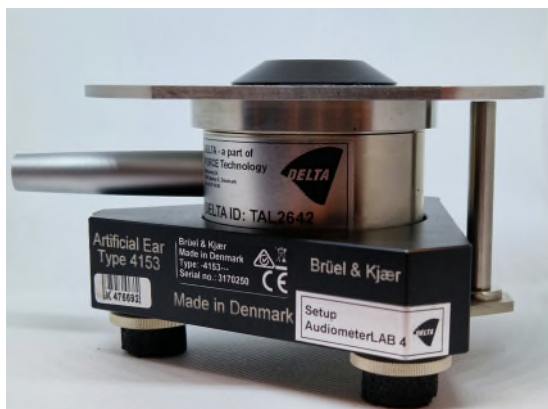


Fig. 3.3 DS/EN 60318-1 kobler (artificial ear) med adapterplade til circumaurale hovedtelefoner.

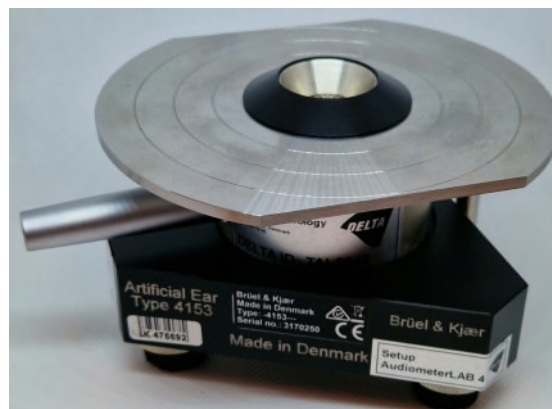


Fig. 3.4 DS/EN 60318-1 kobler (artificial ear) med adapterplade til circumaurale hovedtelefoner.

Kalibreringsværdierne i Tabel 3.1 og Tabel 3.2 forudsætter at hovedtelefonen påsættes kobleren med en statisk kraft på $4.5 \text{ N} \pm 0.5 \text{ N}$ for Telephonics TDH-39 & RadioEar DD45, $10 \text{ N} \pm 0.5 \text{ N}$ for RadioEar DD65v2 & DD450 og $8.8 \text{ N} \pm 0.5 \text{ N}$ for Sennheiser HDA 300. Hvis der opstår tvivl om kraften, henvises til producentens specifikationer. Der kan alternativt til fjederen på kobleren benyttes et lod til at opnå den givne kraft.

Frekvens [Hz]	RETSPL [dB SPL]		
	Telephonics TDH-39	RadioEar DD45	Sennheiser HDA 300
125	45.0	47.5	23.0
250	25.5	27.0	14.5
500	11.5	13.0	6.5
750	7.5	6.5	9.0
1000	7.0	6.0	10.5
1500	6.5	8.0	14.5
2000	9.0	8.0	12.0
3000	10.0	8.0	6.5
4000	9.5	9.0	9.5
6000	15.5	20.5	23.0
8000	13.0	12.0	16.0

Tabel 3.1 Model specifikke RETSPL-værdier for DS/EN 60318-3 kobler (DS/EN ISO 389-1), afrundet til nærmeste halve dB.

Frekvens [Hz]	RETSPL [dB SPL]			
	Generisk	RadioEar DD65v2	RadioEar DD450	Sennheiser HDA 300
125	45.0	30.5	30.5	27.0
250	27.0	17.0	18.0	20.0
500	13.5	8.0	11.0	8.0
750	9.0	5.5	6.0	4.5
1000	7.5	4.5	5.5	2.0
1500	7.5	2.5	5.5	3.0
2000	9.0	2.5	4.5	0.0
3000	11.5	2.0	2.5	-3.0
4000	12.0	9.5	9.5	-0.5
6000	16.0	21.0	17.0	21.0
8000	15.5	21.0	17.5	23.0

Tabel 3.2 Generiske (DS/EN ISO 389-1) og model specifikke (producentens datablad) RETSPL-værdier for DS/EN 60318-1 kobler, afrundet til nærmeste halve dB.

Når kalibreringen udføres i praksis, placeres hovedtelefonen centreret (eller som anvist af producenten) på kobleren, med anviste kraft. Vær opmærksom på at hovedtelefon og kobler slutter tæt, da en lækage kan resultere i fejlagtige målinger, specielt ved lave frekvenser.

Kalibreringsniveauet for den enkelte frekvens, beregnes som summen af audiometerets indstilling, og værdien i tabellen for den valgte kobler og aktuelle hovedtelefon f.eks.:

DS/EN 60318-3 med TDH-39 hovedtelefon, frekvens = 1000 Hz, audiometerindstilling = 90 dB HL

Kalibreringsniveau = $90 + 7.0 = 97.0$ dB SPL, hvor de 7.0 dB SPL ud fra de ovenstående oplysninger aflæses i Tabel 3.1 kolonne 2.

Audiometerindstillingen bør være så høj, at kalibreringen ikke påvirkes af eventuel støj i lokalet.

Hvis der er tale om en kontrolmåling af audiometerets kalibrering, skal man benytte en kobler af samme type som den audiometeret i forvejen er kalibreret med.

3.2 Luftledning – insert telefon

Til kalibrering af insert telefoner benyttes DS/EN ISO 389-2. I DS/EN ISO 389-2 findes der kun kalibreringsdata for insert-telefonen ER-3A med øreprop type ER-3-14 (se figur 3.3).

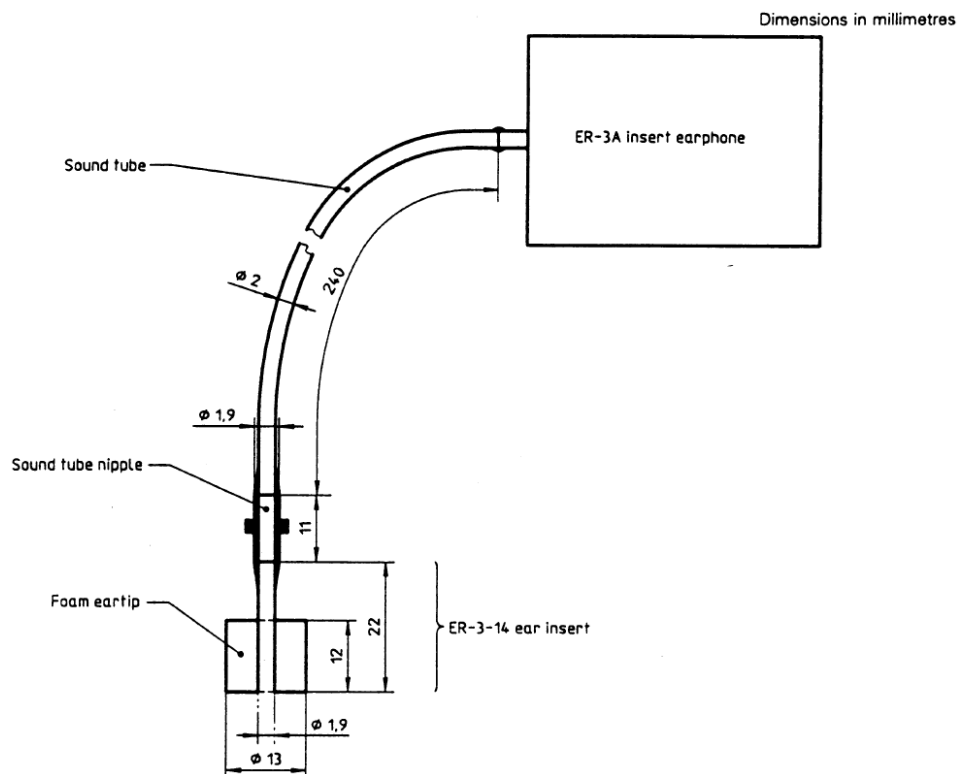


Fig. 3.5 Insert telefon type ER-3A med tilkobling til øreprop type ER-3-14

Der findes ligesom ved hovedtelefoner to forskellige koblere til kalibrering af insert-telefoner. Den ene kobler følger DS/EN 60318-5 standarden og den anden følger DS/EN 60318-4 standarden. DS/EN 60318-5 kobleren er den mest simple, idet den i princippet kun består af et 2 cm³ stort hulrum. Den benævnes derfor ofte 2CC kobler. DS/EN 60318-4 ear simulator er mere avanceret, idet den er designet for bedre at simulere det rigtige øre. Der findes et sæt kalibreringsværdier for henholdsvis DS/EN 60318-5 og DS/EN 60318-4. Kalibreringsværdierne er vist i Tabel 3.3.

Frekvens [Hz]	RETSPL [dB SPL]	
	DS/EN 60318-5 Kobler	DS/EN 60318-4 Kobler
125	26.0	28.0
250	14.0	17.5
500	5.5	9.5
750	2.0	6.0
1000	0.0	5.5
1500	2.0	9.5
2000	3.0	11.5
3000	3.5	13.0
4000	5.5	15.0
6000	2.0	16.0
8000	0.0	15.5

Tabel 3.3 RETSPL-værdier for Etymotic Research ER-3A insert telefoner for DS/EN 60318-5 kobler og DS/EN 60318-4 kobler (DS/EN ISO 389-2), afrundet til nærmeste halve dB.

Disse data forudsætter at insert-telefonen er monteret korrekt med hensyn til slangelængde og -bredde. En skitse af henholdsvis DS/EN 60318-5 kobler og DS/EN 60318-4 ear simulator, med den korrekte monterings af insert-telefonen, er vist på Fig. 3.6.

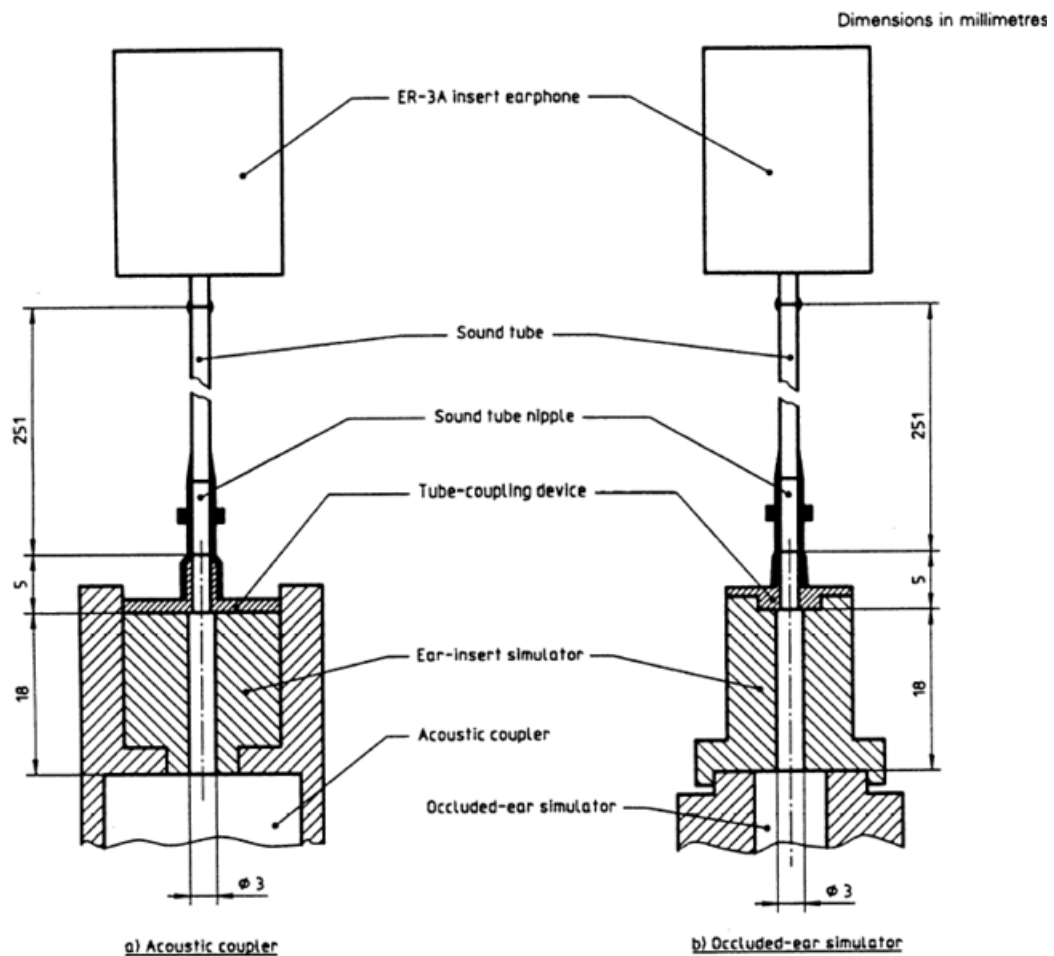


Fig. 3.6 Korrekt monterings af insert telefon på DS/EN 60318-5 kobler (a) og DS/EN 60318-4 ear simulator (b).

Kalibreringsniveauet for den enkelte frekvens beregnes som summen af audiometerets indstilling og værdien i tabellen for den valgte kobler f.eks.:

DS/EN 60318-4 ear simulator ved frekvens = 1000 Hz og audiometerindstilling = 90 dB HL

Kalibreringsniveau = $90 + 5.5 = 95.5$ dB SPL, hvor de 5.5 dB SPL ud fra de ovenstående oplysninger aflæses i Tabel 3.3 kolonne 3.

Audiometerindstillingen bør være så høj at kalibreringen ikke påvirkes af eventuel støj i lokalet.

Hvis der er tale om en kontrolmåling af audiometerets kalibrering, skal man benytte en kobler af samme type som den audiometeret i forvejen er kalibreret med.

3.3 Benledning

Til kalibrering af benledning benyttes DS/EN ISO 389-3 standarden på en kobler der følger DS/EN 60318-6 standarden, en såkaldt artificial mastoid (se Fig. 3.7).

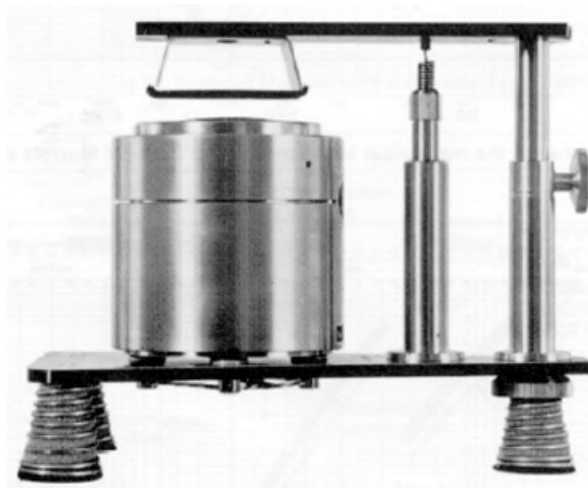


Fig. 3.7 DS/EN 60318-6 artificial mastoid.

Kalibreringsværdierne for benledning er vist i Tabel 3.4

Frekvens [Hz]	RETVFL [dB VFL]
	Placeret på mastoidet
250	67.0
500	58.0
750	48.5
1000	42.5
1500	36.5
2000	31.0
3000	30.0
4000	35.5
6000	40.0
8000	40.0

Tabel 3.4 RETVFL-værdier for benleder placeret på mastoidet på DS/EN 60318-6 kobler, afrundet til nærmeste halve dB.

Kalibreringsværdierne i Tabel 3.4 forudsætter, at benlederen er påsat kobleren med en statisk kraft på $5.4 \text{ N} \pm 0.5 \text{ N}$. Her kan der alternativt benyttes et lod i stedet for fjederen på kobleren.

Hvor en akustisk kobler giver en spænding som funktion af lydtryk i Pascal, giver en kunstig mastoid en spænding som funktion af tryk i Newton. Denne spænding som funktion af Newton benævnes kraftfølsomhed, og er angivet i mastoidens kalibreringsdatablad. Da mastoiden måler tryk i Newton og ikke i Pascal, er kalibreringsværdierne opgivet i

dB VFL (Vibratory Force Level, reference 1 μN) og ikke i dB SPL. Kraftfølsomheden for mastoiden benyttes til omregning fra den spænding der aflæses til dB VFL.

Omregningsformlen er vist herunder.

$$dB_{VFL} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{V_{\text{målt}} [V]}{X \left[\frac{V}{N} \right] \cdot 10^{-6} [N]} \right)$$

X er mastoidens kraftfølsomhed i V/N og $V_{\text{målt}}$ er spændingen målt fra den kunstige mastoid.

Da mastoiden ikke er frekvenslineær, skal der tages hensyn til ulineariteten, når kalibreringsniveauet for den enkelte frekvens på audiometeret skal findes. Denne frekvensulinearitet kan aflæses på mastoidens frekvensrespons, som findes i kalibreringsdatabladet.

Kalibreringsniveauet for den enkelte frekvens beregnes som summen af audiometerets indstilling, kalibreringsværdien i tabellen og mastoidens frekvensulinearitet i kalibreringscertifikatet. F. eks.:

Frekvens = 2000 Hz, audiometerindstilling = 70 dB HL, afvigelse på mastoid ved 2000 Hz ift. reference = - 1.5 dB

Kalibreringsniveau = 70 + 31.0 - 1.5 = 99.5 dB VFL, hvor de 31 dB VFL, ud fra de ovenstående oplysninger, aflæses i Tabel 3.4 kolonne 2.

I tilfælde hvor benlederen placeres i panden i stedet for bag øret, skal kalibreringsværdierne i tabel 3.4 korrigeres. Disse korrektionsværdier kan ses i Appendiks 1.

Omkring kalibrering af benleder er det relevant at nævne, at DS/EN 60318-6 kobleren er meget følsom overfor temperaturændringer. Det er vigtigt at kobleren anvendes i sit arbejdsområde ved $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, da der, såfremt dette ikke er tilfældet, skal foreligge dokumentation for temperaturafhængigheden af kobler/benleder setuppet.

3.4 Maskeringsstøj

Til maskering af rentoner benyttes smalbåndsstøj. Kalibreringsværdierne for 1/2 og 1/3 oktaver er givet i DS/EN ISO 389-4 (se Tabel 3.5).

Centerfrekvens [Hz]	Referenceniveau for båndbredder [dB]	
	1/3 Oktav	1/2 oktav
125	4	4
250	4	4
500	4	6
750	5	7
1000	6	7
1500	6	8
2000	6	8
3000	6	7
4000	5	7
6000	5	7
8000	5	6

Tabel 3.5 Kalibreringsværdier for smalbåndsstøj til maskering.

Kalibreringsniveauet for smalbåndsstøjen beregnes som summen af kalibreringsniveauet, for den tone man ønsker at maskere (Tabel 3.1 og Tabel 3.2), og værdien i Tabel 3.5.

F.eks. for 1/3 oktav smalbåndsstøj ved 1000 Hz for TDH-39 hovedtelefon på DS/EN 60318-3 kobler og audiometerindstilling = 90 dB HL fås:

Kalibreringsniveau = 90 + 7.0 + 6 = 103 dB SPL, hvor de 7.0 dB SPL aflæses i Tabel 3.1 kolonne 3 og de 6 dB i Tabel 3.5 kolonne 2.

3.5 Frekvens

Ved kalibrering af frekvens, påsættes hovedtelefon/insert-telefon/benleder på den pågældende kobler, som angivet ved kalibrering af referenceniveauer. Der skal her benyttes en frekvenstæller som måleinstrument. Audiometeret indstilles til den frekvens der ønskes kontrolleret, og den pågældende frekvens måles med frekvenstælleren. For korrekt måling, er det vigtigt med et niveau der sikrer et tilstrækkeligt højt signal/støj-forhold.

3.6 Taleaudiometri

Kalibrering af et audiometer til taleaudiometri afhænger af det benyttede talemateriale. Definitionen for en taleforståelstærskel er når forsøgspersonen genkender halvdelen af ordene dvs. en 50 % identifikation.

Det mest udbredte danske materiale til taleaudiometri er DANTALE CD'en fra 1988. DANTALE CD'en indeholder et kalibreringsspor med flere forskellige kalibreringssignaler (spor 20). Ved justering af taleaudiometri offset benyttes kalibreringssignal indeks 4 (1 kHz rentonesignal justeret til 0 dB ift. Skaleringen af voksenordlisterne). Iht. DS/EN 60645-1 skal offset i taleaudiometriniveau mellem dB HL og dB SPL være 20 dB, da dette ca. svarer til en almindelig referencetærskel for taleforståelighed[‡].

Ønsker man derfor audiometeret indstillet således, at normalhørende opnår omkring 50 % voksenordidentifikation når audiometeret viser 0 dB HL, ved brug af DANTALE CD'ens voksenordlister, kan man gøre følgende:

Audiometerets attenuator indstilles til f.eks. 65 dB HL.

Med 1 kHz rentone signalet fra DANTALE CD'en (spor 20 indeks 4) som output, justeres audiometeret således, at der på en given kobler, med transducer korrekt placeret, måles et niveau på $65 \text{ dB HL} + 20 \text{ dB SPL} = 85 \text{ dB SPL}$, hvor de 20 dB SPL er offset mellem dB HL og dB SPL for taleaudiometri.

Taleforståelighedstærskel fundet ved taleaudiometri over hovedtelefoner, der er kalibreret på ovenstående måde, kan ikke sammenlignes med tærskler fundet ved taleaudiometri i frit felt. Da dette i nogle tilfælde kan være ønskeligt, kan der, hvis data foreligger for den benyttede hovedtelefon, indlægges kompensation for forskellen i målinger foretaget med hovedtelefoner og i frit felt. Denne taleequalizer kompenserer for hovedtelefonens indvirkning på talesignalet. Hvis dette ønskes, henvises til audiometerproducentens datablad for yderligere oplysninger. Denne taleaudiometri med fritfeltskompenserede hovedtelefoner vil normalt ikke blive kalibreret i HL, men sådan at audiometerudlæsningen svarer til dB SPL-niveauet af talen i et frit felt.

[‡] Iht. DS/EN 60645-1 er dette offset på 20 dB uafhængigt af transducertype.

4 Kalibrering og vedligeholdelse af udstyr

DS/EN ISO 8253-1 og 8253-3 standarderne anviser rutiner i 3 trin til vedligeholdelse og kalibrering af audiometerudstyr.

Trin A - Rutinetjek og subjektiv kontrol.

Trin B - Periodisk objektiv kontrol.

Trin C - Grundlæggende kalibrering.

Det anbefales at procedurerne i trin A udføres ugentligt på alt udstyr i brug. Trin B bør udføres ca. hver tredje måned. Dette interval kan dog ændres (ofte forlænges) når man kender udstyret og ved hvornår det er relevant at kontrollere det. Dette interval bør dog ikke overstige 12 måneder. Hvis trin A og trin B udføres jævnligt er det kun nødvendigt at udføre trin C ved graverende fejl eller efter en lang periode. Perioden mellem to grundlæggende kalibreringer bør dog ikke overstige 5 år.

I det følgende vil de tre trin blive gennemgået.

4.1 Rutinetjek og subjektiv kontrol

Formålet med rutinekontrollen er, på bedst mulig måde, at sikre at udstyret fungerer korrekt. Dvs. at kalibreringen ikke har ændret sig mærkbart og at tilbehøret ikke er defekt.

Det vigtigste ved trin A er de subjektive tests. For at de skal fungere korrekt, er det vigtigt at personen der udfører testen, har normal hørelse.

Baggrundsstøjen bør under de subjektive tests ikke være højere end det normale når udstyret er i brug.

Følgende rutiner skal udføres for at opfylde kravene for trin A:

- Rens og undersøg audiometer og tilbehør. Kontroller hovedtelefon, stik og ledninger for tegn på skader eller nedslidthed. Skadede dele eller dele der sidder dårligt bør udskiftes.
- Tænd for udstyret og lad det stå i den anbefalede "warm-up" tid (hvis en sådan ikke er opgivet lad det da stå i mindst 5 minutter så kredsløbene kan stabilisere sig). Udfør alle grundlæggende indstillinger som anbefalet af fabrikanten. På batteridrevet udstyr, undersøg batteriernes tilstand ved den specificerede metode for det pågældende audiometer. Kontroller f.eks. ved hjælp af serienummer at hovedtelefoner og benleder er dem som det pågældende audiometer er kalibreret med. Dvs. hvis den benleder eller hovedtelefon der passer til audiometeret går i stykker, så kan audiometeret ikke umiddelbart benyttes med en anden hovedtelefon af samme type. Der skal rekalibreres med den nye hovedtelefon/benleder.
- Kontroller om audiometerets output er korrekt for både luft- og benledning ved at sweep gennem et område på f.eks. 10 - 15 dB HL og lyt på netop hørbare toner. Denne test skal udføres ved alle relevante frekvenser for såvel hovedtelefon som benleder.
- Kontroller ved høje niveauer, f.eks. 60 dB HL for luftledning og 40 dB HL for benledning, for alle relevante funktioner ved alle de benyttede frekvenser. Lyt efter forvrængning, kliklyde fra afbryder mv. Undersøg hovedtelefoner og benleder for løse forbindelser. Kontroller stik og ledninger for løse forbindelser. Undersøg om kontakter og indikatorlamper virker som de skal.
- Lyt ved lave niveauer efter støj, brum eller ændring af tonen når der påføres maskeringsstøj. Kontroller at attenuatorerne dæmper som de skal over hele området. Attenuatorer som skal virke når der er en tone skal være fri for elektrisk eller mekanisk støj. Kontroller at afbryder knapper ikke laver støj og at den støj apparatet udsender, ikke er hørbar på det sted patienten sidder under høreprøven.
- Undersøg om patientens signal system virker korrekt og kontroller kredsløbene til talekommunikation.
- Kontroller at hovedtelefon og benleder sidder ordentligt og ikke er blevet slappe og slidte.

Ved udstyr der også benyttes til taleaudiometri, bør man desuden gennemføre følgende rutiner:

- Kontroller at audiometerets output er korrekt, og at baggrundsstøjen er acceptabel, ved at lade en person lytte til talesignalet ved lavt niveau.
- Lyt på talematerialet ved et niveau på 60-70 dB HL for alle relevante funktioner med det benyttede testmateriale. Hør specielt efter om der er forvrængning eller forstyrrende støj.

- Kontroller at attenuatorer virker i det fulde område hvor audiometeret benyttes.
- Kontroller at patientens "talk back" system fungerer som det skal. Kontroller derudover monitorkredsløbene.

4.2 Periodisk objektiv kontrol

Periodisk objektiv kontrol består af måling og sammenligning af resultater med relevante standarder.

Målingerne omfatter:

- Testsignal frekvenser.
- Lydtryksniveau i akustisk kobler (se relevante koblere i afsnit 3.1 og 3.2).
- Kraftniveau på en mekanisk kobler (se relevant kobler i afsnit 3.3).
- Niveau for maskeringsstøj.
- Attenuator trin.
- Harmonisk forvrængning.
- Kraften fra transducerbøjler.

Hvis enkelte frekvenser eller testtoneniveauer er ude af kalibrering kan de eventuelt justeres. Ved større afvigelser bør der gennemføres en grundlæggende kalibrering (se afsnit 4.3).

Følgende udstyr anbefales i følge DS/EN ISO 8253-1 som minimum til periodisk objektiv kontrol:

- Klasse 1 lydtryksmåler med trykkalibreret kondensator mikrofon (DS/EN 61672-1).
- Oktav bånd filtre (DS/EN 61260).
- Relevant elektroakustisk kobler (DS/EN 60318-1, DS/EN 60318-3, DS/EN 60318-4, DS/EN 60318-5).
- Mekanisk kobler (DS/EN 60318-6).
- Digital frekvenstæller.
- Oscilloskop.
- Kontakttermometer til kontrol af den mekaniske koblers temperatur.

4.3 Grundlæggende kalibrering

Den grundlæggende kalibrering skal foretages af et kompetent laboratorium eller fabrikant. Proceduren skal være sådan at audiometeret efter den grundlæggende kalibrering opfylder kravene i DS/EN 60645-1.

Når audiometeret leveres tilbage efter en grundlæggende kalibrering, bør man selv gennemgå trin A og trin B før det tages i brug igen.

Appendiks 1 – Korrektionstabel for benledning placeret på panden

Frekvens [Hz]	Korrektionsværdi [dB]
	Placeret på panden
250	12.0
500	14.0
750	13.0
1000	8.5
1500	11.0
2000	11.5
3000	12.0
4000	8.0
6000	11.0
8000	10.0

Tabel A.1 Korrektionsværdier for benleder placeret på panden med en DS/EN 60318-6 kobler, afrundet til nærmeste halve dB (DS/EN ISO 389-3).

Tabellen benyttes til korrektion af kalibreringsniveauer, hvis benlederen sættes i panden i stedet for bag øret.

Eksempel på beregning af kalibreringsniveau for benleder placeret i panden:

Frekvens = 2000 Hz, audiometerindstilling = 70 dB HL.

Kalibreringsniveau = $70 + 31.0 - 1.5 + 11.5 = 111$ dB VFL, hvor de 31.0 dB VFL og de -1.5 dB stammer fra eksemplet i afsnit 3.3, og de 11.5 dB fra Tabel A.1 kolonne 2.

Appendiks 2 – Standardoversigt

Relevante standarder i forbindelse med audiometri kan rekvireres hos:

Dansk Standard
Göteborg Plads 1
2150 Nordhavn

Telefon: 39 96 61 01
E-mail: dansk.standard@ds.dk
Hjemmeside: <https://www.ds.dk/da>

Standard	Version	Beskrivelse
DS/EN 60318-1	2010	Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural earphones
DS/EN 60318-3	2015	Acoustic coupler for the calibration of supra-aural earphones used in audiometry
DS/EN 60318-4	2010	Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by means of ear inserts
DS/EN 60318-5	2006	2 cm ³ coupler for the measurement of hearing aids and earphones coupled to the ear by means of ear inserts
DS/EN 60318-6	2008	Mechanical coupler for the measurement on bone vibrators
DS/EN 60645-1	2017	Equipment for pure-tone and speech audiometry
DS/EN 61260-1	2014	Octave-band and fractional-octave-band filters - Specifications
DS/EN 61260-2	2016	Octave-band and fractional-octave-band filters - Pattern evaluation tests
DS/EN 61260-3	2016	Octave-band and fractional-octave-band filters - Periodic tests
DS/EN 61672-1	2014	Sound level meters - Specifications
DS/EN ISO 389-1	2018	Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and supra-aural earphones
DS/EN ISO 389-2	1997	Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and insert earphones
DS/EN ISO 389-3	2016	Reference equivalent threshold vibratory force levels for pure tones and bone vibrators
DS/EN ISO 389-4	1999	Reference levels for narrow-band masking noise
DS/EN ISO 8253-1	2010	Pure-tone air and bone conduction audiometry
DS/EN ISO 8253-3	2022	Speech audiometry

Supplerende litteratur:

1. Elberling C, Ludvigsen C, Lyregaard P E.
DANTALE - Compact Disc, Teknisk Rapport
Laboratoriet for Akustik DTH (1988)

Dokument Historik

Version	Side Afsnit	Beskrivelse	Initialer
1998	-	Oprindelig vejledning	LFN
2023	Alle	Generel opdatering	MIKA