



NEDERLANDSE VERENIGING
VOOR **KLINISCHE FYSICA**

Kwaliteitsnorm NVKF

voor meetruimten en spreekkamers Audiologische Centra

opgesteld door Dr. ir. G. Dingemanse
Dr. ir. R. Houben
Dr. ir. W. Soede



Introductie

Deze kwaliteitsnorm voor meetruimten en spreekkamers van Audiologische Centra (ACs) is opgesteld door een werkgroep van klinisch fysici - audiologen onder auspiciën van de NVKF. De kwaliteitsnorm is een vervolg op de KKAu aanbeveling van 27 maart 2008 om te komen tot normen voor de akoestiek in de audiologische onderzoeksruimten binnen Audiologische Centra en de voorlopige normen die daarin genoemd werden.

Doel

Het doel van de kwaliteitsnorm is om normen voor te schrijven die garanderen dat: 1) audiometrische testresultaten niet beïnvloed worden door stoorgeluiden en/of ongewenste akoestische effecten, zoals nagalm in de meetruimten van Audiologisch Centra; 2) in de spreekkamers gesprekken met slechthorenden zonder belemmering door stoorgeluiden of akoestiek mogelijk zijn en de privacy van gesprekken gegarandeerd wordt.

Uitwerking

Voor de meest gebruikte audiometrische onderzoeksmethoden is een gewenst meetbereik gekozen en vervolgens zijn er normen geformuleerd die audiometrisch onderzoek zonder verstoring mogelijk maken binnen het gekozen meetbereik. Deze normen zijn grotendeels gebaseerd op (inter)nationale kwaliteitsnormen (NEN- en ISO-normen) en bouwfysische kwaliteitsnormen. Waar nodig is er ook een keuze gemaakt op basis van literatuuronderzoek of simulaties. Bij de keuze van het meetbereik, de gewenste nauwkeurigheid van testresultaten en de gewenste privacy is goed gekeken naar de klinische praktijk. De normen moeten dan ook als minimumnormen gezien worden.

In **hoofdstuk 1** worden de normen geformuleerd en onderbouwd. Als een uitvoeriger onderbouwing nodig was, is dit gedaan in een bijlage, zie bijlagen 1 t/m 4. **Hoofdstuk 2** beschrijft de uitvoering en beoordeling van metingen waarmee vastgesteld kan worden of aan de norm wordt voldaan. **Hoofdstuk 3** beschrijft kwaliteitsaspecten, zoals het opnemen van de metingen in een kwaliteitscyclus en het omgaan met geconstateerde afwijkingen van de norm.

Bij nieuwbouw of verbouwing van een AC moet al rekening gehouden worden met de eisen van deze kwaliteitsnorm. Om na realisatie van een (ver)nieuw(d) AC-gebouw aan deze eisen te voldoen is een goed functioneel ontwerp nodig, dat beschrijft op welke manier deze normen gehaald kunnen worden. In bijlage 6 zijn aanbevelingen voor een goed ontwerp beschreven.

De minimale eisen van deze NVKF-norm dienen als aanvulling op de wettelijke eisen en zijn niet uitputtend. De bouwkundige kwaliteit van een AC moet tenminste voldoen aan de geldende wet- en regelgeving zoals het Bouwbesluit, de Wet Milieubeheer en de Arbowet. Voor zover een wettelijke eis uitgaat boven een norm uit dit document of een norm uit dit document uitgaat boven de wettelijke eis, dan geldt de zwaarste eis. De eisen uit dit document krijgen een juridische status als ze opgenomen worden in contracten met bouwers, verhuurders, etc.

De zorgvragers van Audiologische Centra kunnen zowel aangeduid worden met de term 'cliënten' als 'patiënten'. In dit document wordt gesproken over 'patiënten'.

Consensustraject en autorisatie

Consensus over de inhoud van de kwaliteitsnorm werd als volgt bereikt: op 29 december 2021 is een conceptversie van deze kwaliteitsnorm verspreid binnen de beroepsgroep van klinisch fysici – audiologen en verzonden naar de FENAC met verzoek om commentaar. Het eind van de commentaarperiode was op 11 februari 2022. Daarna zijn de binnengekomen commentaren van een reactie voorzien en verwerkt. Dit heeft geresulteerd in een nieuwe versie van deze kwaliteitsnorm. Deze is samen met het commentaardocument op 16 september 2022 nog een keer voorgelegd aan degenen die commentaar op de eerste versie hebben gegeven. Het eind van de commentaarperiode was op 30 september 2022. Er is geen nieuw commentaar



binnengekomen, wel zijn meerdere instemmende reacties ontvangen. Het einddocument is op 07-10-2022 naar de Commissie Kwaliteit van de NVKF gestuurd voor autorisatie van de norm. De kwaliteitsnorm is geautoriseerd door de Nederlandse Vereniging voor Klinische Fysica (NVKF) op 9 februari 2023 en is geldig vanaf deze datum. Het wordt aanbevolen om de kwaliteitsnorm te evalueren en zo nodig te actualiseren in 2028.



Afkortingen

AC	Audiologisch Centrum
ASSR	Auditory Steady-State Response
BERA	Brainstem Evoked Response Audiometry
DRR	Direct-to-Reverberant Ratio
ICRA	International Collegium of Rehabilitative Audiology
ISO	International Organization for Standardization
ISTS	International Speech Test Signal
HL	Hearing Level
LTASS	Long-term Average Speech Spectrum
NEN	NEderlandse Norm
NVA	Nederlandse Vereniging voor Audiologie
NVKF	Nederlandse Vereniging voor Klinische Fysica
OAE	Oto-akoestische emissies
REM	Real Ear Metingen
SPL	Sound Pressure Level
SRT	Speech Reception Threshold
STI	Speech Transmission Index
VRA	Visual Reinforcement Audiometry



Inhoud

1	Eisen aan ruimten.....	6
1.1	Eisen aan ruimten voor toonaudiometrie.....	6
1.2	Eisen aan ruimten voor vrije-veld toonaudiometrie, inclusief VRA.....	7
1.3	Eisen aan ruimten voor spraaudiometrie en spraak-in-ruistesten.....	7
1.4	Eisen aan ruimten voor vrije-veld spraaudiometrie en spraak-in-ruistesten.....	7
1.5	Eisen aan ruimten voor BERA en ASSR.....	8
1.6	Eisen aan ruimten voor meting van Oto-akoestische emissies.....	9
1.7	Eisen aan ruimten voor Real Ear Metingen (REM).....	9
1.8	Eisen aan spreekkamers.....	10
1.9	Overige ruimten.....	11
2	Uitvoering en beoordeling geluidsmetingen.....	12
2.1	Uitvoering meting maximaal toegestaan geluidsdrukniveau.....	12
2.2	Uitvoering metingen akoestische eigenschappen.....	13
2.3	Beoordeling metingen.....	15
3	Kwaliteitsaspecten.....	17
3.1	Aanpassing meetbereik of transducer ten opzichte van de norm.....	17
3.2	Kwaliteitseisen aan de uitvoering van het onderzoek.....	17
3.3	Initiële metingen en herhaling van beoordeling.....	17
3.4	Bij afwijking van de gestelde normen voor meetkamers.....	18
3.5	Bij afwijking van de gestelde normen voor spreekkamers.....	19
3.6	Metten in ruimten die niet getoetst zijn aan deze kwaliteitsnorm.....	20
	Bijlage 1 Maximale geluidsdrukniveaus.....	21
	Bijlage 2 Quasi-vrij geluidsveld definitie NEN-EN-ISO 8253-2.....	23
	Bijlage 3 Toelichting bij eisen voor vrije-veld spraaudiometrie.....	25
	Maximale toegestane geluidsdrukniveaus voor spraakverstaanstesten.....	25
	Vereisten geluidsveld voor spraakverstaanstesten.....	26
	Bijlage 4 Toelichting bij eisen voor spreekkamers.....	29
	Vereisten geluidsveld spreekkamers.....	29
	Speech privacy methode.....	30
	Bijlage 5 Qualified tester definitie NEN-EN-ISO 8253-1.....	31
	Bijlage 6 Ontwerp- en verbeteradviezen voor meetruimten en spreekkamers.....	32
	Ontwerpadvies voor stille ruimten.....	32
	Ontwerpadvies voor de akoestiek van meetruimten.....	33
	Ontwerpadvies voor de akoestiek van spreekkamers.....	34
	Verbeteradvies voor meetkamers.....	34
	Verbeteradvies voor spreekkamers.....	35



1 Eisen aan ruimten

Voor ieder type onderzoek dat uitgevoerd wordt in een Audiologisch Centrum, wordt in dit hoofdstuk een voor ACs gebruikelijke waarde voor de ondergrens van het meetbereik gegeven, wordt vastgesteld welke eisen op grond daarvan gelden voor het maximaal toelaatbaar geluidsdrumniveau voor achtergrondgeluid en welke eisen er (nodig) zijn voor het geluidsveld en de akoestische eigenschappen van een ruimte. Deze eisen zijn zodanig gekozen, dat de uitkomsten van audiologische onderzoeken die in de ruimte afgenomen kunnen worden, niet beïnvloed worden door omgevingsgeluid of afwijkende akoestiek van ruimte.

1.1 Eisen aan ruimten voor toonaudiometrie

Vereist meetbereik

- Luchtgeleidingsaudiometrie per oor (125-8000 Hz), drempel van 0 dB(HL) meetbaar met nauwkeurigheid van 5 dB.
- Luchtgeleidingsaudiometrie per oor (8000-16000 Hz), drempel van 0 dB(HL) meetbaar met nauwkeurigheid van 5 dB.
- Beengeleidingsaudiometrie per oor (250-4000 Hz), drempel van 0 dB(HL) meetbaar met nauwkeurigheid van 5 dB.

Maximaal toegestaan geluidsdrumniveau van achtergrondgeluid

NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 4, kolom 2 + 8 dB geeft het maximaal toegestaan geluidsdrumniveau per 1/3-octaaftband, waarbij een drempel van 0 dB(HL) gemeten kan worden met een beengeleider en een nauwkeurigheid van 5 dB.

NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 2, kolom 1 + 8 dB geeft het maximaal toegestaan geluidsdrumniveau per 1/3-octaaftband voor frequenties t/m 8kHz, waarbij een drempel van 0 dB(HL) gemeten kan worden met een supra-aurale hoofdtelefoon en een nauwkeurigheid van 5 dB. Voor andere hoofdtelefoons of insert phones die het oor beter afsluiten, kan eventueel gecorrigeerd worden met de waarden uit NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 3.

De maximaal toegestane geluidsdrumniveaus voor de ruimte is per frequentie steeds de strengste van bovengenoemde eisen, zodat zowel luchtgeleidings- als beengeleidingsdrempels gemeten kunnen worden, zie bijlage 1.

NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 2 bevat geen maximaal toegestane geluidsdrumniveaus voor frequenties boven 8kHz. Op basis van expert opinion¹ worden ruimtes die voldoen aan de norm voor luchtgeleidingsaudiometrie in het frequentiebereik 125-8000Hz ook geschikt geacht voor luchtgeleidingsaudiometrie voor frequenties boven 8000 Hz.

Vanwege de door ons gewenste meetnauwkeurigheid van 5 dB (i.p.v. 2 dB) mag, conform NEN-EN-ISO-8253-1, de eis worden verlicht met 8 dB² over het gehele geluidsspectrum.

Vereist geluidsveld

Er worden **geen eisen** gesteld aan het geluidsveld of de akoestiek van de ruimte, conform norm NEN-EN-ISO-8253-1.

¹ NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 2 is gebaseerd op de referentiegehoordrempel voor horen in het vrije-veld uit ISO 389-7, plus de referentieniveaus voor smalle-bandmaskeerruis uit ISO 389-4, plus de gemiddelde verzwakking van de hoofdtelefoon uit NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 3. Dezelfde berekening kan gemaakt worden voor frequenties boven 8 kHz. In ISO 389-7 zijn referentiegehoordrempels t/m 18 kHz gegeven in dB(SPL). Deze nemen boven 8kHz alleen maar toe. De demping van circumaurale hoofdtelefoons die voor hoge-frequentie-audiometrie gebruikt worden is ook hoger dan voor supra-aurale hoofdtelefoons (NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 3). Op grond van deze overwegingen wordt ingeschat dat de benodigde geluidsisolatie voor frequenties boven 8kHz groter is dan de isolatie voor 8kHz en worden ruimtes die voldoen aan de norm voor luchtgeleidingsaudiometrie in het frequentiebereik 125-8000Hz ook geschikt geacht voor luchtgeleidingsaudiometrie voor frequenties boven 8 kHz.

² In de NVKF-KKau aanbeveling is uitgegaan van +10 dB. In deze kwaliteitsnorm wordt uitgegaan van de waarde zoals genoemd in de norm, namelijk + 8 dB.



1.2 Eisen aan ruimten voor vrije-veld toonaudiometrie, inclusief VRA

Vereist meetbereik

Audiometrie met (warble)tonen en andere smalbandige signalen (250-8000 Hz), drempel van 20 dB(HL) meetbaar met nauwkeurigheid van 5 dB.

Maximaal toegestaan geluidsdruk-niveau van achtergrondgeluid

NEN-EN-ISO-8253-2, tabel 2, kolom 2 + 28 dB geeft het maximaal toegestaan geluidsdruk-niveau.

Eisen voor de uitvoering van vrije veld audiometrie zijn beschreven in de norm NEN-EN-ISO-8253-2. Op basis van het vereiste meetbereik en de gewenste meetnauwkeurigheid van 5 dB (i.p.v. 2 dB) mag de eis worden verlicht met 28 dB over het gehele geluidsspectrum. NEN-EN-ISO-8253-2, tabel 2, kolom 3 + 28 dB is equivalent met NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 4, kolom 2 + 25 dB, dus 17 dB hoger dan de norm voor beengeleidingsaudiometrie, zie bijlage 1.

Vereist geluidsveld

De minimumnorm van deze kwaliteitsnorm is, dat moet zijn voldaan aan de eisen voor een **quasi-vrije-veld** situatie, zie bijlage 2.

1.3 Eisen aan ruimten voor spraaudiometrie en spraak-in-ruistesten

Vereist meetbereik

- Spraakaudiometrie op basis van foneemcores met NVA-woordenlijsten, gemeten met een hoofdtelefoon. Spraakdetectie-drempels bij 10 dB(SPL) moeten gemeten kunnen worden.
- Spraak-in-ruistesten, gemeten met een hoofdtelefoon.

Maximaal toegestaan geluidsdruk-niveau van achtergrondgeluid

Eisen voor de uitvoering van spraakaudiometrie zijn beschreven in de norm NEN-EN-ISO-8253-3. In deze norm wordt geen maximaal toegestaan geluidsdruk-niveau geëist, maar er wordt gesteld dat ruimten geschikt zijn als ze voldoen aan de maximaal toegestane niveaus die NEN-EN-ISO-8253-1 voor toonaudiometrie voorschrijft.

Het maximaal toegestaan geluidsdruk-niveau voor spraaktesten is daarom: **NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 2, kolom 1 + 8 dB**, zie bijlage 1. Deze norm geldt voor een supra-aurale hoofdtelefoon. Voor andere hoofdtelefoons of insert phones die het oor beter afsluiten, kan eventueel gecorrigeerd worden met de waarden uit NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 3.

Vereist geluidsveld

Er worden **geen eisen** gesteld aan het geluidsveld of de akoestiek van de ruimte, conform norm NEN-EN-ISO-8253-3.

1.4 Eisen aan ruimten voor vrije-veld spraakaudiometrie en spraak-in-ruistesten

Vereist meetbereik

- Spraakaudiometrie op basis van foneemcores met NVA-woordenlijsten, waarbij het signaal uit een luidspreker komt. Foneemcores moeten gemeten kunnen worden voor spraakniveaus van 55 dB(SPL) en hoger.
- Spraak-in-ruistesten, waarbij het signaal uit een luidspreker komt. De SRT moet gemeten kunnen worden voor spraakniveaus van 55 dB(SPL) en hoger.

Maximaal toegestaan geluidsdruk-niveau van achtergrondgeluid

Eisen voor maximaal toegestane achtergrondgeluidsdruk-niveaus zijn niet vermeld in NEN-EN-ISO-8253-3. Daarom wordt hier een eigen norm geformuleerd.

De norm is dat het maximaal toegestane achtergrondgeluidsdruk-niveau **15 dB lager is dan de 1/3-octaaftniveaus van ieder van de gebruikte spraakmaterialen, aangeboden op het**



laagste niveau van 55 dB(SPL) voor de 1/3-octaaftanden van 200Hz tot en met 6300Hz, zie bijlage 3.

Bijlage 3 laat ook zien dat ruimten die voldoen aan de eis voor beengeleidingstoonaudiometrie, NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 4, kolom 2 + 8 dB, ook voldoen voor spraakaudiometrie in het vrije veld.

Als spraakaudiometrie op spraakniveaus lager dan 55 dB(SPL) gewenst is, dan moeten de waarden uit bijlage 3 overeenkomstig worden verlaagd, maar niet lager dan deze beengeleidingsnorm.

Vereist geluidsveld

In de norm NEN-EN-ISO-8253-3 wordt uitgegaan van dezelfde typen geluidsvelden als in NEN-EN-ISO-8253-2 en er wordt alleen gezegd dat het type geluidsveld genoteerd moet worden (bijvoorbeeld quasi-vrije-veld).

In deze kwaliteitsnorm wordt vereist dat de verhouding tussen de vroege geluidsenergie (direct geluid en vroege reflecties ≤ 50 ms) en de late reflecties (> 50 ms) **C50 ≥ 15 dB of de STI > 0.95** is³, zie bijlage 3.

1.5 Eisen aan ruimten voor BERA en ASSR

Vereist meetbereik

- Luchtgeleidingsmeting met mogelijkheid om een drempel van 20 dB eHL te meten met nauwkeurigheid van 5 dB, gemeten met een hoofdtelefoon of insert phone.
- Beengeleidingsmeting met mogelijkheid om een drempel van 20 dB eHL te meten met nauwkeurigheid van 5 dB.

Maximaal toegestaan geluidsdruk-niveau van achtergrondgeluid⁴

Als alleen **luchtgeleidingsmetingen** gedaan worden is het maximaal toegestaan geluidsdruk-niveau **L90**, dat 10% van de tijd overschreden mag worden: **NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 2 kolom 3 + 28 dB**, zie bijlage 1.

Als er **beengeleidingsmetingen** gedaan worden, is het maximaal toegestaan geluidsdruk-niveau L90, dat 10% van de tijd overschreden mag worden: **NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 4 kolom 2 + 28 dB**, zie bijlage 1.

Hierbij is dus uitgegaan van dezelfde eisen als voor toonaudiometrie⁵. De waarde 28 dB is gebaseerd op de voorwaarde van het betrouwbaar kunnen meten van drempels van 20 dB eHL. Hierbij kan 8 dB worden opgeteld vanwege een vereiste meetnauwkeurigheid van 5 dB i.p.v. 2 dB (zie 1.1).

Omdat de stimulus in één meting vele malen herhaald wordt vanwege de relatief zwakke response, is overschrijding van de Lmax-norm gedurende maximaal 10% van de meettijd toegestaan.

Vereist geluidsveld

Er worden **geen eisen** gesteld aan het geluidsveld of de akoestiek van de ruimte.

³ Deze eis geldt voor spraaktesten (in ruis) die als doel hebben om de perceptiekwaliteit van het gehoor te beoordelen, waarbij invloed van de omgeving is uitgesloten. Voor spraaktesten die als doel hebben om in een meer ecologisch valide testsituatie het auditief functioneren te bepalen, kan een nagalmtijd gewenst zijn die past bij alledaagse situaties, zoals een huiskamer of kantoorruimte.

⁴ Er zijn ook eisen voor de elektromagnetische afscherming van de meetopstelling, maar die vallen buiten het doel van deze kwaliteitsnorm.

⁵ Deze eis is in overeenstemming met de aanbeveling in de 'Recommended Procedure Auditory Brainstem Response (ABR) testing Post-newborn and Adults', 2019, British Society of Audiology. Downloadlocatie: <https://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2020/03/OD104-84-FINAL-RP-ABR-post-newborn-and-Adult-Nov2019b.pdf>



1.6 Eisen aan ruimten voor meting van Oto-akoestische emissies

Vereist meetbereik

Mogelijkheid om opgewekte Oto-akoestische emissies (OAE's) (1 t/m 6kHz) te meten met een probe in een afgesloten oor.

Maximaal toegestaan geluidsdrukkniveau van achtergrondgeluid

Het aanbevolen **maximaal toelaatbare gemiddelde A-gewogen achtergrondgeluidsdruk-niveau (LAeq) is 33 dB(A) voor elke 1/3-octaf frequentieband afzonderlijk, in het frequentiegebied 500Hz t/m 8000Hz⁶.**

Dit is een aanbeveling en geen eis, omdat er geen (inter)nationale norm voor het maximaal toegestaan geluidsdrukkniveau is en er onvoldoende data beschikbaar is over de verzwakking van geluid door OAE-probes in het individuele oor. De hier geformuleerde aanbeveling is gebaseerd op een studie van Kreisman en collega's, waaruit is af te leiden dat bij een achtergrondgeluidsdrukkniveau van 33 dB de OAE-meting betrouwbaar kan worden afgenomen, met een beperkte verlenging van de meettijd (Kreisman et al., 2011)⁷. In de praktijk zullen er ook oren zijn die minder dan gemiddeld afgesloten worden door het OAE-dopje, maar de 'noise rejection threshold' die in de software voor een OAE-meting wordt gebruikt, houdt eventuele pieken in achtergrondgeluid buiten de meting, ten koste van de meettijd.

Vereist geluidsveld

Er worden **geen eisen** gesteld aan het geluidsveld of de akoestiek van de ruimte.

1.7 Eisen aan ruimten voor Real Ear Metingen (REM)

Vereist meetbereik

De metingen worden uitgevoerd met signalen die spraakkenmerken hebben en een spectrum volgens het International Long-term Average Speech Spectrum (ILTASS, Byrne et.al. 1994), zoals ISTS en ICRA, bij spraakniveaus van 55 dB(SPL) en hoger. Het signaal hoeft niet verstaanbaar te zijn.

Maximaal toegestaan geluidsdrukkniveau van achtergrondgeluid⁸

Probemicrofoonmetingen mogen niet substantieel beïnvloed worden door achtergrondlawaai, en moeten daarom gedaan worden in een rustige ruimte.

Het **maximum toegestaan stoorgeluidsdrukkniveau (Lmax) per 1/3-octafband is gelijk aan het Long-term Average Speech Spectrum (LTASS) voor 55 dB(SPL)**. Pieken in het stoorsignaal mogen dus niet boven het long-term spectrum uitkomen. Deze eis voorkomt dat pieken in het achtergrondgeluid de meting van het long-term average spectrum beïnvloeden⁹. Een tweede eis is dat het **Long-term gemiddeld ruisniveau (Leq) per 1/3-octafband 10 dB onder het Long-term Average Speech Spectrum voor 55 dB(SPL) blijft¹⁰**. In bijlage 3 is het LTASS van het International Speech Test Signal gegeven.

Vereist geluidsveld

Het geluidsveld moet een nauwkeurige stimuluskalibratie en meting mogelijk maken, zodanig dat het **LTASS van het meetsignaal ter plaatse van de referentiemicrofoon** van de

⁶ De OAE wordt meestal in 1/2-octafbanden gemeten. De norm is daarom ook afgeleid voor 1/2-octafbanden en is dan 35 dB(SPL). Voor meer uniformiteit in de geluidsmetingen en vanwege het feit dat niet alle geluidsmeters in 1/2-octaven kunnen meten, is de norm omgerekend naar en gegeven in tertsbanden.

⁷ Kreisman, B. M., & Kreisman, N. V. (2011). Effects of Noise Attenuation Devices on Screening Distortion Product Otoacoustic Emissions in Different Levels of Background Noise. <https://www.edaud.org/journal/2011/4-article-11.pdf>.

⁸ Er wordt hier alleen een norm voor Real Ear Metingen gegeven, maar een subjectieve beoordeling van het versterkte geluid door de hoortoestelgebruiker is ook wenselijk en hiervoor is een lager geluidsdrukkniveau dan de hier gegeven norm gewenst. Anders kan achtergrondgeluid geïnterpreteerd worden als interne ruis van het hoortoestel. Als ruis van de ruimteventilatie daarvan de oorzaak is, is het wenselijk dat de ventilatie kortdurend uitgezet kan worden.

⁹ Criterium gebaseerd op simulaties van het effect van ruispieken op het long-term gemiddelde over 15s.

¹⁰ Criterium gebaseerd op simulaties van het effect van continue ruis op het long-term gemiddelde (15s). Het komt overeen met de eis die de British Society of Audiology stelt aan ruimten voor Real Ear Metingen.



meetapparatuur per 1/3-octaaftband **niet meer dan 3 dB afwijkt** van het gewenste LTASS. Voor de meetmethode, zie hoofdstuk 2.

1.8 Eisen aan spreekkamers

Vereisten

Voor patiënten is het van belang dat het verstaan in de spreekkamer zo min mogelijk nadelig beïnvloed wordt door achtergrondgeluid en nagalm. Daarnaast is het een vereiste dat gesprekken kunnen plaatsvinden met voldoende privacy, vanwege het vertrouwelijke en persoonlijke karakter van een gesprek in een patiënt-zorgverlener relatie. Beide eisen gelden voor alle spreekkamers/ruimtes in een AC waar patiënten gezien worden, inclusief kamers waar ook taal-spraak- en/of ontwikkelingsonderzoeken gedaan worden, waarbij de norm voor slechthorenden¹¹ wel hoger ligt.

Maximaal toegestaan geluidsdruk niveau van achtergrondgeluid

Het **maximaal toelaatbare gemiddelde A-gewogen achtergrondgeluidsdruk niveau (LAeq)** in een spreekkamer is **35 dB(A)**¹².

Vereiste akoestische eigenschappen

Voor (ingerichte) kamers waarin slechthorenden ontvangen worden, is een nagalmtijd **T**, gemiddeld over octaafbanden van 250 – 2000 Hz, **≤ 0.3 seconden** vereist¹³. Zie bijlage 4 voor een onderbouwing van deze waarde. Voor (ingerichte) kamers waarin alleen normaalhorenden worden ontvangen, geldt dan T gemiddeld over octaafbanden van 250 – 2000 Hz, **≤ 0.5 seconden** moet zijn¹⁴.

Vereiste privacy

Voor voldoende privacy moet de geluidsisolatie (**DnT,A,k**)¹⁵ tussen de spreekkamer en aangrenzende verblijfsruimten (spreekkamers, meetkamers, wachtkamers, vergaderruimtes, kantoorruimtes etc.) en verkeersruimten (gangen) voldoen aan de volgende eisen:

- Voor aangrenzende verblijfsruimten > 47 dB (categorie 'goed' en 35 dB(A) achtergrondgeluid in de aangrenzende ruimten, zie bijlage 4) voor kamers waar slechthorenden gezien worden¹⁶ en > 42 dB voor de overige spreekkamers (categorie 'redelijk' en 35 dB(A) achtergrondgeluid in aangrenzende ruimten, zie bijlage 4)¹⁷. Als het geluidsdruk niveau van het achtergrondgeluid in die naastliggende ruimte lager is dan 35 dB(A), dan geldt een hogere waarde volgens het schema uit bijlage 4.
- Voor aangrenzende verkeersruimten > 33 dB¹⁸

¹¹ Met slechthorende wordt hier bedoeld een persoon met een gehoorverlies ≥ 20 dB(HL) gemiddeld over 500, 1000, 2000, 4000 Hz voor het beste oor.

¹² Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, v2.3, 2018. Downloadlocatie: <https://nvbv.org/publicaties/handboek-bouwfysische-kwaliteit-gebouwen>

¹³ Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, a.w.. Voor ruimten ≤ 25 m², geldt daarnaast volgens dit handboek een eis voor de 125 Hz octaafband: de nagalmtijd voor deze band bedraagt maximaal 1,2 maal de gemiddelde nagalmtijd.

¹⁴ Dit is conform de eis voor ruimten waar geconcentreerd een gesprek gevoerd moet kunnen worden, Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, a.w..

¹⁵ De DnT,A,k waarde geeft de karakteristieke geluidswering van een wand, omgerekend naar een referentie nagalmtijd (nT) in de aangrenzende ruimte (de ontvangstruimte) en een A-gewogen standaard spectrum omgevingsgeluid (volgens ISO-717). De DnT,A,k waarde wordt bepaald volgens NEN 5077.

¹⁶ Voor kamers t.b.v. gesprekken met slechthorenden is gekozen voor de privacy categorie 'goed', omdat in deze groep meer dan gemiddeld gesproken wordt met stemverheffing of extra duidelijke uitspraak door een behandelaar om zich verstaanbaar te maken of door een patiënt omdat die onvoldoende terugkoppeling via het gehoor heeft over het eigen stemgebruik. Het vertrouwelijke en persoonlijke karakter van gesprekken vereist ook voor luide spraak voldoende geluidsisolatie. Bij een speech privacy categorie 'goed' en het maximaal toegestane achtergrondgeluidsdruk niveau van 35 dB(A) is de vereiste een DnT,A,k waarde 47 dB. Deze eis wordt ook gesteld in de Bouwnorm 2021 van de landelijke vereniging huisartsen (LHV) voor de interne geluidsisolatie voor privacygevoelige ruimten, waaronder spreekkamers.

¹⁷ Overeenkomend met de privacy categorie 'redelijk' i.c.m. het maximaal toegestane achtergrondgeluidsdruk niveau van 35 dB(A), zie bijlage 4. Deze eis wordt ook gesteld in PvE Gezonde Kantoren, 2018, Platform Gezond Binnenklimaat, Tvvl, Woerden, en in BREEAM-NL Nieuwbouw 2020 v1.0, tabel HEA05.1, zie <https://richtlijn.breem.nl/credit/akoestische-prestaties-1090>.

¹⁸ Conform Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, a.w., PvE Gezonde Kantoren, a.w., BREEAM-NL a.w.



1.9 Overige ruimten

Voor de overige ruimten waar patiënten komen (wachtkamer(s), groepsruimte(n), gangen, ruimte voor afsprakenbalie etc.) is er een inspanningsverplichting om bij de inrichting rekening te houden met de beperkingen van de doelgroepen waar het AC zich op richt. Belangrijke doelgroepen zijn volwassenen en kinderen met gehoorproblemen. Voor deze doelgroepen is een rustige omgeving met zo weinig mogelijk achtergrondgeluid en nagalm nodig.



2 Uitvoering en beoordeling geluidsmetingen

Voor alle metingen die in dit hoofdstuk beschreven worden, geldt dat aan het begin en aan het eind van de metingen de totale meetketen moet worden gecontroleerd met behulp van een kalibratiegeluidbron. Gebruik hiervoor een kalibratiegeluidbron, nauwkeurigheidsklasse 1 volgens NEN-EN-IEC 60942. De afwijking tussen de nominale waarde van het geluidniveau van de kalibratiegeluidbron en het met de meetketen verkregen meetresultaat van dit geluidniveau mag niet groter zijn dan 0,5 dB.

2.1 Uitvoering meting maximaal toegestaan geluidsdrukniveau

Bij de uitvoering van de geluidsdrukniveaumetingen in een te beoordelen ruimte dient het volgende in acht te worden genomen:

- i. De microfoon van de geluidsmeter wordt geplaatst op de positie van de luisteraar op oorhoogte. Als er sprake is van verschillende luisteraarsposities voor de verschillende audiologische onderzoeken die in de ruimte gedaan worden, dan wordt de positie gekozen die hoort bij het audiologische onderzoek met de strengste eis.
- ii. De meting wordt uitgevoerd onder representatieve omstandigheden:
 - a. De standaard audiometrieapparatuur (inclusief PC/laptop) staat aan.
 - b. De (optionele) vrije veldluidspreker(s) in de ruimte staat aan.
 - c. De luchtbehandeling voor de ruimte staat aan.
 - d. De verlichting van de ruimte staat aan.
- iii. De metingen worden uitgevoerd tijdens representatieve openingsuren van het AC.
- iv. Er worden twee metingen uitgevoerd met een minimale tijdsduur van 15 minuten en een pauze tussen de metingen van minimaal 30 minuten.
- v. Luister mee met het geluid van de meetmicrofoon, zodat stoorgeluiden kunnen worden geïdentificeerd. Overweeg om het geluid digitaal op te nemen.
- vi. Tijdens het uitvoeren van de geluidsmetingen dient te worden vastgelegd welke activiteiten/geluiden er in de directe omgeving van de ruimte visueel of auditief waarneembaar zijn.
- vii. Voor de meting van het maximaal toegestaan geluidsdrukniveau wordt de geluidsmeter ingesteld op tijdweging 'Slow', frequentieweging 'Ongewogen', aflezing 'Lmax' in 1/3-octaaftanden. De beoordeling van Lmax gebeurt per frequentieband¹⁹. De geluidsmeter staat bij voorkeur zodanig ingesteld dat de meetwaarden per tijdseenheid van 1 of 10 s (afhankelijk beschikbaar geheugen) worden vastgelegd.
- viii. Voor de meting van long-term average geluidsdrukniveaus (Leq of LAeq) wordt de geluidsmeter ingesteld op frequentieweging 'Ongewogen' en aflezing 'Leq' of op frequentieweging 'A' en aflezing 'LAeq'. De beoordeling gebeurt per frequentieband of breedbandig, afhankelijk van wat de eis voorschrijft.

Bij de metingen wordt aanbevolen om de ruimte te verlaten en de meter op afstand te bedienen dan wel automatisch te laten starten en stoppen nadat de ruimte is verlaten en de deur is gesloten.

De resultaten van de metingen worden vastgelegd in een meetverslag, waarin ook wordt opgenomen: de datum, dag van de week, de tijdstippen van beide metingen, of er activiteit was in naastliggende ruimten en zo ja, welke.

¹⁹ De piekwaarde wordt vaak beoordeeld op basis van het totale geluidsdrukniveau. De NEN-EN-ISO-8253 norm eist echter beoordeling per frequentieband.



2.2 Uitvoering metingen akoestische eigenschappen

Voor de bepaling van de akoestische eigenschappen van de ruimte worden de volgende werkwijzen gebruikt, afhankelijk van de gestelde eisen voor een audiometrische test of een ruimte. De metingen worden buiten reguliere openingstijden gedaan en niet-noodzakelijke geluidsbronnen in de ruimte worden uitgeschakeld. Het is toegestaan dat 1 tot 2 personen (zo nodig met gehoorbescherming) in de ruimte aanwezig zijn. De meetresultaten worden vastgelegd in een meetverslag.

i. Beoordeling quasi-vrij geluidsveld en bepaling Direct-to-Reverberant Ratio (DRR)

Voor ruimten ten behoeve van toonaudiometrie/VRA in het vrije-veld moet beoordeeld worden of er is voldaan aan de eis van een quasi vrije-veld situatie, zie bijlage 2. Dit geldt voor iedere stimulus (warbles, smalle-bandruis, etc) en iedere frequentie waarbij die stimulus gebruikt wordt. De werkwijze voor deze beoordeling is als volgt:

De stimulus wordt continue aangeboden op een niveau van 70 dB(HL). De microfoon van de geluidsmeter wordt geplaatst rond de positie van de luisteraar (1m) op oorhoogte, zonder stoel, op de relatieve afstanden die zijn aangegeven in tabel B2.1. Er wordt gemeten in de stand Leq (ongewogen) in 1/3-octaaftanden. De meettijd moet zodanig gekozen worden dat de Leq-waarde aan het eind van het meetvenster stabiel is.

Als de eis van een quasi vrije-veld situatie niet gehaald wordt, is het nuttig om een Direct-to-Reverberant Ratio (DRR) te bepalen. Daaruit kan namelijk duidelijk worden of het gebruik van een luidspreker met grotere richtwerking of het verkorten van de afstand van de luisteraar tot de luidspreker, tot de mogelijkheden behoort.

De werkwijze voor de bepaling van de DRR is als volgt:

Als stimulus wordt roze ruis gebruikt, aangeboden via de vrije veld luidspreker van het audiometriesysteem op een niveau van 70dB SPL. De microfoon van de geluidsmeter wordt geplaatst op oorhoogte, zonder stoel, op de afstanden 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250 en 300 cm vanaf de luidspreker (voor zover deze afstanden haalbaar zijn in de ruimte). De meter-instelling en de meetwijze is als bij de beoordeling van het quasi vrije-veld. Voor de octaafbanden 500, 1000, 2000 en 4000 Hz wordt het gemeten geluidsdruk-niveau uitgezet tegen de afstand. Uit de verkregen curves kan de DRR ter plaatse van de audiometrie-positie worden geschat. Ook kan de afstand waarvoor geldt DRR=0 worden bepaald.

ii. Bepaling Clarity 50 en/of Speech Transmission Index

De Clarity 50 (C50) is een maat voor de verhouding tussen de vroege geluidsenergie (direct geluid en vroege reflecties ≤ 50 ms) en de late geluidsenergie (late reflecties > 50 ms). Voor deze kwaliteitsnorm wordt die ingezet om de duidelijkheid van spraak in de meetopstelling te kunnen vaststellen. De C50 kan worden berekend uit een impulsrespons. De impulsrespons kan worden gemeten met daarvoor beschikbare software. Voor de stimulus wordt gebruik gemaakt van de luidspreker uit de audiometrie-opstelling, die blijft op de positie zoals die in de audiometrische test gebruikt wordt. Het stimulusniveau moet hoog zijn: 80 dB(SPL). De vrije-veldmicrofoon van de meetopstelling wordt geplaatst op de positie van de luisteraar op oorhoogte, zonder stoel. Uit de gemeten impulsrespons wordt de C50 berekend per octaafband. Voor de octaaffrequenties 0.5 t/m 4 kHz wordt beoordeeld of C50 groter dan 15 dB is.

Als alternatief voor de C50 kan de Speech Transmission index (STI) bepaald of gemeten worden conform IEC 60268-16. De STI kan net als de C50 uit de impulsrespons bepaald worden met daarvoor geschikte software. De STI kan ook gemeten worden met een STI-meter of een STI-module op een sound level meter. De meetcondities voor de STI zijn gelijk aan die van de C50-meting, zoals hierboven beschreven.

iii. Meting invloed geluidsveld op stimuluspectrum bij Real Ear Metingen

Plaats de probeslang voor de referentiemicrofoon en plaats de microfoons op de positie van de hoortoesteldrager, samen met de microfoon van de geluidsmeter (alle microfoons



op gelijke afstand tot de luidspreker). Voer een meting uit met het testsignaal dat een ILTAS-spectrum heeft en meet tegelijkertijd met de geluidsmeter het 1/3-octaaftband spectrum (Leq (ongewogen) over de duur van het test signaal). De output van de meting moet nu voor iedere 1/3-octaaftband binnen -3/+3 dB overeenkomen met het ILTAS-spectrum gegeven in bijlage 3. De meting veronderstelt een correct uitgevoerde, jaarlijkse ijking van de referentiemicrofoon en een probeslangkalibratie vooraf aan deze meting van het stimuluspectrum.

iv. **Bepaling nagalmtijd**

De nagalmtijd dient te worden gemeten voor de octaafbanden 125 – 2000Hz, conform de ISO 3382-2 survey methode. Er wordt aanbevolen om de geïntegreerde impulsresponsmethode te gebruiken vanwege de hogere nauwkeurigheid per meting. Dat kan met behulp van een computer, geluidskaart, microfoon, geschikte luidspreker, en software die de impulsrespons van de ruimte kan meten en daaruit akoestische parameters kan berekenen. Tijdens de metingen worden stoorbronnen in de ruimte uitgeschakeld en wordt stoorgeluid van buitenaf voorkomen door te meten op een geschikt tijdstip. Er wordt een hoog stimulusniveau (>35 dB boven het achtergrondgeluidsdruk niveau per frequentieband) gebruikt. De T20 wordt bepaald volgens $T20=60/d$, waarin d de decay rate in decibel/seconde is, tussen -5 en -25 dB onder het totale niveau van de geïntegreerde impulsrespons. Deze aanwijzingen zijn bedoeld om de afname van het galmveld met een goede signaal-ruisverhouding te kunnen meten. De nagalmtijd wordt gemeten op minimaal twee meetposities, waarna de nagalmtijden rekenkundig gemiddeld worden. De meetposities moeten tenminste 1 m verwijderd zijn van begrenzingsvlakken of andere grote voorwerpen en de bron. De onderlinge afstand tussen de posities mag niet minder dan 2 m bedragen.

v. **Geluidsisolatiemeting**

Een geluidsisolatiemeting bestaat uit vier stappen.

1) In de naastliggende ruimte (ontvangstruimte) wordt eerst het geluidsdruk niveau (Leq) van het achtergrondgeluid gemeten per octaafband (125 – 2000 Hz) en tevens breedbandig (LAeq) ten behoeve van de speech privacy methode (bijlage 4).

2) In de te onderzoeken ruimte (zendruimte) wordt een testsignaal afgespeeld via twee luidsprekers. Eén luidspreker staat op de positie van de patiënt en is gericht naar de positie van de onderzoeker/behandelaar (dus in de kijkrichting van de patiënt) én één luidspreker op de positie van de onderzoeker/behandelaar die gericht is op de positie van de patiënt²⁰. Wel moet de onderlinge afstand minstens 0,7m zijn en moeten de posities minimaal 1m verwijderd zijn van de gemeenschappelijk wand tussen zend- en ontvangstruimte en 0,5m van de andere begrenzingsvlakken, grote voorwerpen of personen²¹. De luidsprekers zijn van hetzelfde type en er wordt met beide een onderling ongecorrleerd ruissignaal aangeboden op een gelijk niveau. Het geluidsdruk niveau van het testsignaal in de zendruimte dient zodanig hoog te zijn dat in de ontvangstruimte de meetwaarde voor de relevante frequentiebanden minimaal 6 dB boven het omgevingsgeluid uitkomt. Daarom wordt witte ruis wordt aanbevolen, maar roze ruis kan ook, mits is voldaan aan de 6 dB-eis. Het geluidsdruk niveau (Leq, 15s) wordt op twee posities gemeten en daarna energetisch gemiddeld per octaafband²². De meetposities moeten tenminste 1m afstand tot de geluidsbron(nen) hebben en minimaal 0,5m verwijderd zijn van begrenzingsvlakken, grote voorwerpen of personen. De onderlinge afstand tussen de posities moet zo mogelijk >0,7m zijn²³.

²⁰ Deze opstelling is specifiek voor deze kwaliteitsnorm. Standaard wordt een diffuse aanstraling van de scheidingswand gekozen.

²¹ Conform ISO-16283-1 en ISO-10052.

²² Er dient een diffuus veld microfoon te worden gebruikt of als gemeten wordt met een vrije-veld microfoon, dan moet er een diffuus veld correctie toegepast worden.

²³ Conform Nederlandse praktijkrichtlijn NPR-5097 en ISO-10052.



3) In de ontvangstruimten wordt het geluidsdrukniveau (L_{Aeq}) op twee posities gemeten (onder dezelfde voorwaarden als onder 2, zo mogelijk de in de ruimte gebruikelijke luisterposities) en energetisch gemiddeld per octaafband.

4) Het verschil tussen de metingen in de ruimte en in de naastliggende ruimte is de geluidsisolatie, waaruit de $D_{nT,A,k}$ waarde bepaald wordt volgens NEN 5077. De waarde wordt vergeleken met de normwaarde uit paragraaf 1.8.

Bij naast elkaar liggende kamers hoeft de $D_{nT,A,k}$ waarde voor iedere scheidingswand slechts één keer bepaald te worden. Gebruik dan de grootste kamer als zendruimte.

2.3 Beoordeling metingen

De gemeten geluidsdrukniveaus (per frequentieband) worden getoetst aan de eisen zoals geformuleerd in Hoofdstuk 1 (zie ook bijlage 1). Indien de meetresultaten van beide metingen van 15 minuten volledig voldoen aan die eisen, dan worden de uitkomsten van de metingen vastgelegd in een meetrapport.

Indien de meetresultaten van één of beide geluidsdrukmetingen van 15 minuten niet voldoen aan de eisen zoals geformuleerd in hoofdstuk 1, dan wordt ook dat vastgelegd in een meetrapport en dient aanvullend een uitgebreide beoordeling van de meetresultaten plaats te vinden. Deze beoordeling bestaat uit het inventariseren van de mate van overschrijding en de oorzaak per vastgesteld incident. Deze beoordeling moet worden vastgelegd in het meetverslag.

Vervolgens dient de verantwoordelijk klinisch fysicus – audioloog voor elk incident te bepalen op welke wijze de overschrijding van invloed is op de uit te voeren audiometrische testen en welke maatregelen redelijkerwijs kunnen worden getroffen om de overschrijding te voorkomen of de mate van overschrijding te reduceren, zowel in geluidsdrukniveau als in aantal overschrijdingen, zie ook paragrafen 3.4 en 3.5, stappen 1 en 2. Na het doorlopen van deze stappen 1 en 2 wordt de meting opnieuw gedaan conform paragraaf 2.1. Als er dan nog niet aan de eisen is voldaan en aanvullende maatregelen niet haalbaar zijn (par 3.4 en 3.5), dan kan getoetst worden of de overschrijdingen zodanig beperkt zijn dat minimaal 99% van de meettijd voldaan kan worden aan de norm²⁴. De verstoringen mogen gezamenlijk dan maximaal 9 sec duren per meetsessie van 15 minuten (=1% van 15 minuten). Als dat het geval is, wordt zowel de L_{max} als de L_{99} (het niveau dat 1% van de tijd overschreden wordt) gerapporteerd, met daarbij de overwegingen waarom aanvullende maatregelen niet haalbaar zijn.

De uitkomsten van de akoestische metingen worden ook vergeleken met de eisen uit hoofdstuk 1. Als aan deze eisen is voldaan worden ook deze uitkomsten vastgelegd in een meetrapport.

Als de uitkomsten van de akoestische metingen niet voldoen aan de eisen uit hoofdstuk 1, dan dient een uitgebreide beoordeling plaats te vinden van de meetresultaten, met als doel mogelijke redenen te vinden waarom niet wordt voldaan aan de eisen. Aanvullende metingen kunnen hierbij helpen. Vooral het meten van een impulsrespons is nuttig, ook bij de beoordeling van een quasi-vrij geluidsveld of de invloed van het geluidsveld op het stimuluspectrum bij Real Ear Metingen. Met een zogenaamde waterval-plot o.b.v. de impulsrespons kunnen bijzonderheden in de akoestische eigenschappen van een ruimte zichtbaar gemaakt worden. Als de gemeten nagalmtijd of de $D_{nT,A,k}$ waarde net boven de norm ligt, is het raadzaam nog een aantal extra metingen te doen op andere posities. Hierdoor kunnen eventuele uitschieters gedetecteerd worden. Ook wordt de nauwkeurigheid van de meting vergroot door middeling over meerdere posities.

²⁴ Bij de toetsing van de 99%-waarde kan bij sommige geluidsmeters gebruik worden gemaakt van een ingebouwde statistische meefunctie waarmee bepaald wordt wat de statistische 1%-waarde is.



De verantwoordelijk klinisch-fysicus dient te (laten) bepalen welke technische maatregelen redelijkerwijs kunnen worden getroffen om aan de eisen te voldoen, zie ook paragraaf 3.4, stappen 1 en 2. De meetresultaten, de vergelijking met de norm en de uitkomsten van de uitgebreide beoordeling worden vastgelegd in een meetrapport. Na het doorlopen van deze stappen 1 en 2 worden nieuwe metingen gedaan conform paragraaf 2.2.



3 Kwaliteitsaspecten

Dit hoofdstuk beschrijft verschillende kwaliteitsaspecten die gerelateerd zijn aan de normen die gegeven zijn in hoofdstuk 1, de uitvoering van metingen zoals beschreven in hoofdstuk 2, het naleven van de kwaliteitsnorm en het omgaan met overschrijdingen van de norm.

3.1 Aanpassing meetbereik of transducer ten opzichte van de norm

Als het gewenste meetbereik (in dB) voor een test afwijkt van het in deze kwaliteitsnorm gekozen standaard meetbereik, dan moet de geformuleerde eis verlaagd of verhoogd worden met het verschil tussen het gewenste minimaal meetbare niveau en het genoemde minimum van het meetbereik.

Als het gewenste frequentiebereik (in Hz) groter of kleiner is dan in het gewenste meetbereik, dan dient de verantwoordelijke klinisch-fysicus – audioloog de onderliggende bron (ISO-norm) te raadplegen en een eigen eis te formuleren voor het maximaal toegestane geluidsdrumniveau per 1/3-octaaftand, analoog aan hoe het in deze kwaliteitsnorm is gedaan. De eis die passend is bij het gewenste meetbereik wordt gedocumenteerd en gehanteerd.

De eisen voor het maximaal toegestane geluidsdrumniveau voor metingen met hoofdtelefoon uit hoofdstuk 1, zijn gebaseerd op normen voor supra-aurale hoofdtelefoons. Als andere hoofdtelefoons of insert phones worden gebruikt, dan moet het verschil in de geluidsverzwakking van die hoofdtelefoons en de waarden in NEN-EN-ISO-8253-1 tabel 3 worden toegevoegd aan de eisen in hoofdstuk 1.

3.2 Kwaliteitseisen aan de uitvoering van het onderzoek

De metingen moeten worden uitgevoerd door iemand met kennis van geluid en akoestiek en aantoonbare ervaring in het uitvoeren van geluidsmetingen (o.b.v. een specifieke akoestische opleiding of werkervaring)²⁵.

De geluidsmeter (sound level meter) die wordt gebruikt voor de metingen (H2) dient te voldoen aan IEC 61672, klasse I, met fractionele octaafbandfilters conform IEC 61260, frequentieweging A, tijdweging Fast en Slow, gemiddelde (Leq), een statistische meetmogelijkheid en bij voorkeur met mogelijkheden om het geluid op te nemen en achteraf te beoordelen. De kalibratiegeluidbron dient te voldoen aan IEC 60942, klasse I. De geluidsmeter en kalibratiegeluidbron moeten periodiek officieel zijn gecontroleerd door een bevoegde instantie²⁶. Apparatuur voor bepaling van de STI dient te voldoen aan IEC 60268-16.

Voor elk van de meetruimten en spreekkamers wordt een meetverslag opgesteld, conform de eisen uit hoofdstuk 2. Voor de overige ruimten (wachtkamer(s), groepsruimte(n), gangen, ruimte voor afsprakenbalie etc.) wordt in een verslag kwalitatief beschreven hoe rekening gehouden wordt met de beperkingen van de AC-doelgroepen door te zorgen voor een laag achtergrondgeluidsdrumniveau en weinig nagalm.

3.3 Initiële metingen en herhaling van beoordeling

Bij een nieuwe ruimte of een ruimte waarvoor nog geen rapportage beschikbaar is, wordt een initiële set metingen gedaan, volgens de eisen uit hoofdstuk 1 en de methoden uit hoofdstuk 2.

²⁵ Het is niet mogelijk om hier een uitputtende lijst met opleidingen en ervaringen te noemen. Gedacht kan worden aan:

- Hogere Cursus Akoestiek Antwerpen
- Opleiding Milieu-Geluid
- Opleiding Bouwakoestiek
- Cursus akoestiek voor klinisch fysici
- Ervaring bij een akoestisch adviesbureau.

²⁶ Aanbevolen wordt om de ijbron jaarlijks te laten controleren en de geluidsmeter 2-jaarlijks.



Naast een verslag van de metingen wordt ook het gebruik van naastgelegen ruimten ten tijde van de metingen vastgelegd.

Aanvullend wordt het luchtverversingsgeluid gemeten op 25 cm vanaf de ventilatie-opening (octaafbandwaarden, geen weging, Leq 30s), zodanig dat de meetpositie zich net buiten de luchtstroom bevindt, omdat luchtwerveling een onrealistisch beeld geeft van het geluidniveau. De luchtverversing moet hierbij representatief operationeel zijn. Het afzonderlijk meten van het geluidsdrukniveau van het luchtverversingssysteem volgt weliswaar niet uit de beschreven eisen, maar het is bekend dat geluid van de ventilatie kan toenemen over de jaren. Een jaarlijkse controle van het ventilatiegeluid is eenvoudiger dan een jaarlijkse herhaling van metingen die nodig zijn om te controleren of de ruimte nog aan de norm voldoet. Om een referentie te verkrijgen wordt deze meting ook bij de initiële meting gedaan.

Bij iedere verandering van een ruimte (wat betreft materialen van wanden, vloer en plafond of substantiële verandering van inrichting) of de directe omgeving (wat betreft verandering in achtergrondgeluid) dienen de meting en beoordeling opnieuw gedaan te worden. Bij verandering van luidspreker of luisterpositie worden akoestische metingen (paragraaf 2.2, methoden i t/m iv) opnieuw gedaan.

Jaarlijks wordt ruimten beoordeeld op de volgende aspecten:

- i. of er veranderingen zijn in gebruik van of geluid in naastgelegen ruimten.
- ii. of de kierdichting van de deuren voldoende is (d.m.v. visuele inspectie).
- iii. als gebruik van een ruimte is beperkt tot vastgestelde tijden (zie 3.4, stap 4; 3.5, stap 3), dan dient beoordeeld te worden of deze tijden nog passend zijn bij de huidige situatie.
- iv. of de ventilatie nog stil genoeg is, door op 25 cm vanaf de ventilatie-opening te meten en te vergelijken met de initiële meting²⁷.

Deze beoordeling wordt gedocumenteerd, refererend het oorspronkelijke meetrapport van die ruimte. Als er een verandering of afwijking geconstateerd wordt, dan worden die metingen opnieuw gedaan die door de verandering of afwijking beïnvloed kunnen worden.

3.4 Bij afwijking van de gestelde normen voor meetkamers

Als na de metingen van geluidsdrukniveaus en akoestische eigenschappen in meetkamers niet is voldaan aan de gestelde normen, dan dient de situatie verbeterd te worden in volgorde van de volgende stappen.

- Stap 1: Aanpassingen die leiden tot het voorkomen of verminderen van het stoorgeluid en/of verbetering van akoestiek van de ruimte, zie bijlage 6. Na verbetering wordt opnieuw gemeten (zie paragraaf 2.3). Als dit technisch niet mogelijk of financieel disproportioneel geacht wordt, heeft dat consequenties voor het gebruik van de ruimte, zie de volgende stappen.
- Stap 2: Aanpassing van de audiometrie-opstelling, indien mogelijk, zie bijlage 6. Na de aanpassing wordt opnieuw gemeten (zie paragraaf 2.3).
- Stap 3: Gebruik in de ruimte alleen die testen, transducers, signalen of aanbiedingsniveaus waarvoor de ruimte voldoet aan de gestelde eisen. Waar mogelijk worden niet geschikte testen, transducers, signalen en aanbiedingsniveaus verwijderd of uitgeschakeld, hardware- of softwarematig. Als dat niet lukt, worden deze beperkingen goed zichtbaar aangegeven in de ruimte. Zo nodig en mogelijk worden de beschikbaarheid van testen over ruimtes herverdeeld, om daarmee te zorgen voor voldoende meetcapaciteit die voldoet aan deze kwaliteitsnorm.

²⁷ Het ventilatiesysteem verouderd, maakt meer herrie bij vervuiling en onvoldoende onderhoud.



De hierna volgende stappen (4 en 5) zijn bedoeld als laatste opties, die zoveel mogelijk vermeden moeten worden.

Stap 4: Als er na het doorlopen van de vorige stappen onvoldoende meetruimten overblijven die voldoen aan de eisen en dit (deels) wordt veroorzaakt door periodiek stoorgeluid op bepaalde tijdstippen (bijvoorbeeld tijdens de lunch), bekijk dan of er in de bedrijfsvoering omheen gepland kan worden. In de meetruimte wordt dan duidelijk zichtbaar aangegeven op welke tijden de ruimte niet geschikt is voor audiometrie.

Stap 5: Als er na het doorlopen van de vorige stappen onvoldoende meetruimten overblijven en er sprake is van wisselende stoorgeluidniveaus, dan kan worden overwogen om te werken met qualified testers (zie bijlage 5 voor een definitie) die alert zijn op beïnvloeding door omgevingslawaai en daar bij de testuitvoering rekening mee houden. In een toetsbaar lokaal protocol, wordt per ruimte beschreven welke stoorgeluiden er (kunnen) zijn, hoe te handelen in geval van een stoorgeluid, en wie een qualified tester is.

Bij deze stappen is er een risico op het zich niet houden aan de afspraken of werken zonder voldoende alertheid en daarmee op onvoldoende kwaliteit van de audiometrie. Als gebruik gemaakt wordt van stap 4 of 5, dan wordt per betreffende ruimte duidelijk vastgelegd waarom dit nodig is:

- welke overschrijding van welke norm is er gevonden;
- welke maatregelen zijn genomen;
- waarom stappen 1 t/m 3 niet afdoende zijn;
- welke maatregelen er nodig zouden zijn om wel te voldoen aan de eisen en wat de geschatte kosten daarvan zijn;
- argumentatie waarom die extra maatregelen niet mogelijk of disproportioneel (zouden) zijn.

Dit verslag dient bij de eerstvolgende audit besproken te worden tussen de klinisch fysici – audiologen, het management en het audit team. Het is aan het audit team om te beoordelen of de argumentatie voor het overgaan tot stap 4 of 5 afdoende is.

3.5 Bij afwijking van de gestelde normen voor spreekkamers

Als na uitvoering van metingen niet is voldaan aan de eisen voor spreekkamers, dan dient de situatie verbeterd te worden in volgorde van de volgende stappen.

Stap 1: Aanpassingen die leiden tot het voorkomen of verminderen van het stoorgeluid en/of verbetering van akoestiek van de ruimte en/of de geluidsisolatie van de ruimte, zie bijlage 6. Na verbetering wordt opnieuw gemeten (zie paragraaf 2.3). Als dit technisch niet mogelijk of financieel disproportioneel geacht wordt, heeft dat consequenties voor het gebruik van de spreekkamer, zie stappen 2 en 3.

De volgende stappen 2 en 3 zijn bedoeld als opties die zoveel mogelijk vermeden moeten worden, aangezien zulke maatregelen gemakkelijk niet nageleefd worden en daarmee onvoldoende kwaliteit van zorguitvoering een risico blijft.

Stap 2: Aanpassen van het gebruik van spreekkamers, door zorg voor slechthorenden alleen te bieden in dat deel van de spreekkamers dat voldoet aan de normen voor slechthorenden. In de spreekkamers wordt dan duidelijk zichtbaar aangegeven of de spreekkamer voldoet voor slechthorenden of alleen voor normaalhorenden.

Stap 3: Na het doorlopen van de vorige stappen kunnen er nog onvoldoende spreekkamers zijn die voldoen aan de eisen. Als dit (deels) wordt veroorzaakt door periodiek stoorgeluid op bepaalde tijdstippen (bijvoorbeeld tijdens de lunch) of door periodieke



aanwezigheid van anderen in naastgelegen ruimtes, die een gesprek deels zouden kunnen verstaan, bekijk dan of in de planning het gebruik van de spreekkamer aangepast kan worden, zodanig dat die alleen gebruikt wordt op momenten dat het geluidsdrukkniveau voldoet aan de norm en de privacy gegarandeerd is. In de spreekkamer wordt dan duidelijk zichtbaar aangegeven op welke tijdstippen de ruimte wel of niet geschikt is voor klinisch gebruik.

Als gebruik gemaakt wordt van stap 2 of 3, dan wordt per betreffende ruimte duidelijk vastgelegd waarom dit nodig is:

- welke overschrijding van welke norm is er gevonden;
- welke maatregelen zijn genomen;
- welke maatregelen er nodig zouden zijn om wel te voldoen aan de eisen en wat de geschatte kosten daarvan zijn;
- argumentatie waarom die extra maatregelen niet mogelijk of disproportioneel (zouden) zijn.

Dit verslag dient bij de eerstvolgende audit besproken te worden tussen de klinisch fysici – audiologen, het management en het audit team. Het is aan het audit team om te beoordelen of de argumentatie voor het overgaan tot stap 2 of 3 afdoende is.

3.6 Meten in ruimten die niet getoetst zijn aan deze kwaliteitsnorm

Er kunnen redenen zijn om metingen te doen buiten het AC, in ruimten die niet zijn beoordeeld volgens deze kwaliteitsnorm. Bijvoorbeeld een BERA/ASSR-meting in een operatiekamer, of een audiologisch onderzoek bij een instelling voor mensen met een verstandelijke beperking. In zulke situaties is het belangrijk om in te schatten binnen welke grenzen de meting uitgevoerd kan worden zonder versturende invloed van achtergrondgeluid en/of akoestiek. Daartoe wordt het volgende geadviseerd:

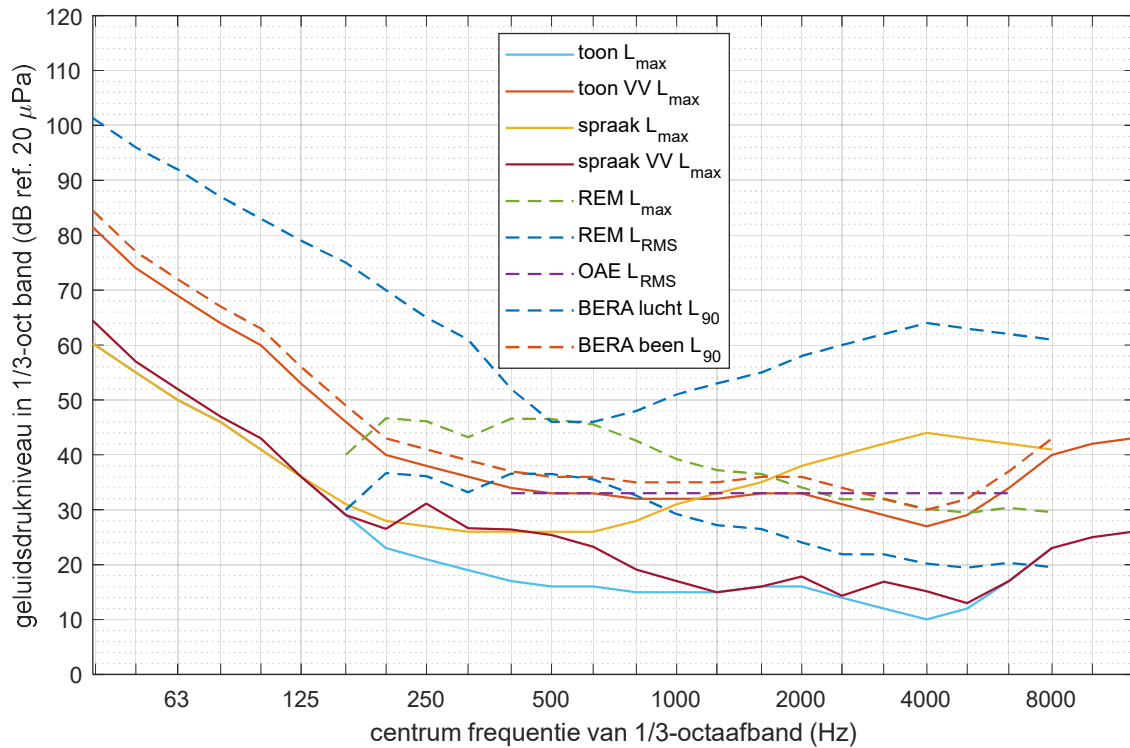
- i. Een ad hoc inventarisatie van geluidsbronnen in de ruimte. Bekijk welke bronnen uitgeschakeld kunnen worden of in geluidsdrukkniveau verminderd kunnen worden.
- ii. Monitoring van het achtergrondgeluidsdrukkniveau met een soundlevelmeter. Als het achtergrondgeluidsdrukkniveau hoger is dan de eis voor de uit te voeren audiometrische test, dan wordt het veilige meetbereik aangepast met het verschil tussen het gemeten niveau en de norm. Door gebruik van goed afsluitende hoofdtelefoons of insert phones, kan de eis voor hoofdtelefoon metingen aangepast worden met de extra geluidsverzwakking t.o.v. supra-aurale hoofdtelefoons (conform paragraaf 3.1).
- iii. Als er voor de uit te voeren audiometrische test ook eisen gelden voor het geluidsveld, is gebruik van directionele luidsprekers en/of korte afstand (75cm) tot de speaker aanbevolen en gebruik van stimuli die minder gevoelig zijn voor beïnvloeding van het niveau door de ruimte-akoestiek.
- iv. Het is nodig dat de metingen gedaan worden door qualified testers (zie bijlage 5 voor een definitie) die alert zijn op beïnvloeding door omgevingslawaai en daar bij de testuitvoering rekening mee houden.
- v. Bij de testresultaten wordt vermeld dat ze gemeten zijn in een niet-gekwalificeerde ruimte.

De klinisch fysicus – audioloog is verantwoordelijk voor de uiteindelijke beoordeling van de metingen en de conclusies die op basis van de meting wel/niet getrokken kunnen worden.



Bijlage 1 Maximale geluidsdrukniveaus

De in hoofdstuk 1 beschreven eisen aan de maximaal toegestane achtergrondgeluidsdrukniveaus voor de verschillende testen zijn weergegeven in figuur B1.1.



Figuur B1.1. Overzicht van maximaal toegestane achtergrondgeluidsdrukniveaus in dB(SPL) voor de verschillende typen onderzoek, zoals beschreven in hoofdstuk 1.



Tabel B1.1. De maximaal toegestane geluidsdrumniveaus in dB(SPL) per frequentie voor de verschillende typen onderzoek, zoals beschreven in hoofdstuk 1 en weergegeven in figuur B1.1.

1/3-oct freq. (Hz)	Toon L _{max} (dB)	Toon VV L _{max} (dB)	Spraak L _{max} (dB)	Spraak VV L _{max} (dB)	REM L _{max} (dB)	REM L _{RMS} (dB)	OAE L _{RMS} (dB)	BERA lucht L ₉₀ (dB)	BERA been L ₉₀ (dB)
32	64	88	64	71				106	91
40	60	81	60	64				101	84
50	55	74	55	57				96	77
63	50	69	50	52				92	72
80	46	64	46	47				87	67
100	41	60	41	43				83	63
125	36	53	36	36				79	56
160	29	46	31	29	40,0	30,0		75	49
200	23	40	28	26,5	46,7	36,7		70	43
250	21	38	27	31,1	46,1	36,1		65	41
315	19	36	26	26,7	43,2	33,2		61	39
400	17	34	26	26,4	46,6	36,6	33	52	37
500	16	33	26	25,4	46,5	36,5	33	46	36
630	16	33	26	23,3	45,5	35,5	33	46	36
800	15	32	28	19,1	42,6	32,6	33	48	35
1000	15	32	31	17,0	39,2	29,2	33	51	35
1250	15	32	33	15,0	37,2	27,2	33	53	35
1600	16	33	35	16,0	36,5	26,5	33	55	36
2000	16	33	38	17,8	34,1	24,1	33	58	36
2500	14	31	40	14,3	31,9	21,9	33	60	34
3150	12	29	42	16,9	31,9	21,9	33	62	32
4000	10	27	44	15,2	30,2	20,2	33	64	30
5000	12	29	43	13,0	29,4	19,4	33	63	32
6300	17	34	42	17,0	30,3	20,3	33	62	37
8000	23	40	41	23,0	29,6	19,6		61	43
10000		42		25					
12500		43		26					



Bijlage 2 Quasi-vrij geluidsveld definitie NEN-EN-ISO 8253-2

In de norm NEN-EN-ISO-8253-2 worden eisen gesteld aan de akoestische eigenschappen van de ruimte voor vrije-veld audiometrie. Volgens NEN-EN-ISO-8253-2 zijn geluidsvelden onder te verdelen in drie typen: een echte vrije-veld situatie, een quasi-vrije-veld situatie en een diffuus-veld situatie. De diffuus-veld situatie wordt uitgesloten, omdat in die situatie de invloed van eventueel stoorgeluid in de ruimte groter is. Voor klinisch gebruik is een quasi-vrije-veld eis voldoende.

In NEN-EN-ISO 8253-2 wordt omschreven wanneer een geluidsveld een quasi-vrij geluidsveld genoemd mag worden:

To establish quasi-free sound field conditions, the following requirements shall be complied with.

- The loudspeaker shall be arranged at the head height of a seated listener, the reference axis being directed through the reference point. The distance between the reference point and the loudspeaker's reference point shall be at least 1 m. The reference point is the midpoint of a straight line connecting the ear canal openings of the listener when positioned in the listening position in the sound field.
- With the test subject and the subject's chair absent and all other normal working conditions maintained, the sound pressure levels produced by the loudspeaker at positions 0,15 m from the reference point on the left-right and up-down axis shall deviate by no more than ± 2 dB from the sound pressure level at the reference point for any of the test signals.
- With the test subject and the subject's chair absent, the difference in sound pressure levels produced by the loudspeaker at points on the reference axis 0,10 m in front of and 0,10 m behind the reference point shall deviate from the theoretical value given by the inverse sound pressure distance law by no more than ± 1 dB for any of the test signals.

The usable frequency range of the quasi-free sound field is defined by the frequency range within which these requirements are complied with.

De ruimte moet dus beoordeeld worden op deze vereisten voor **iedere stimulus** (warbles, smalle-bandruis, etc.) en **iedere frequentie** waarbij die stimulus gebruikt wordt. Tabel B2.1 geeft bovenstaande vereisten kort weer:

Tabel B2.1. Vereisten voor een quasi-vrij geluidsveld. Het stimulusniveau van het geluid op de positie van het hoofd van de luisteraar is S.

Afstand (cm)	Stimulusniveau S (dB)
15cm links (b)	$-2 \leq S \leq 2$
15cm rechts (b)	$-2 \leq S \leq 2$
15 cm omhoog (b)	$-2 \leq S \leq 2$
15 cm omlaag (b)	$-2 \leq S \leq 2$
10 cm naar voren (c)	$0 \leq S \leq 2$
10 cm naar achteren (c)	$-2 \leq S \leq 0$

De vereisten van lid c zijn als volgt berekend: Als de afstand tussen luidspreker en luisteraar 1 meter is, dan is het relatieve niveau op 0.1m voor de positie van de luisteraar 0.9 dB ($-6 \cdot \log_2(0.9)$) hoger en het relatieve niveau 0.1m achter de positie van de luisteraar is 0.8 dB ($-6 \cdot \log_2(1.1)$) lager. Deze waarden worden afgerond op respectievelijk 1 en -1 dB.

Om goed aan de eis van lid c van de NEN-EN-ISO 8253-2 te kunnen voldoen, moet de afstand tussen de luidspreker en de luisteraar kleiner of gelijk aan de galmstraal zijn, ofwel de DRR is ≥ 0 . Uit de figuren B3.3 en B6.1 blijkt dat de DRR afhankelijk is van het kamervolume en van



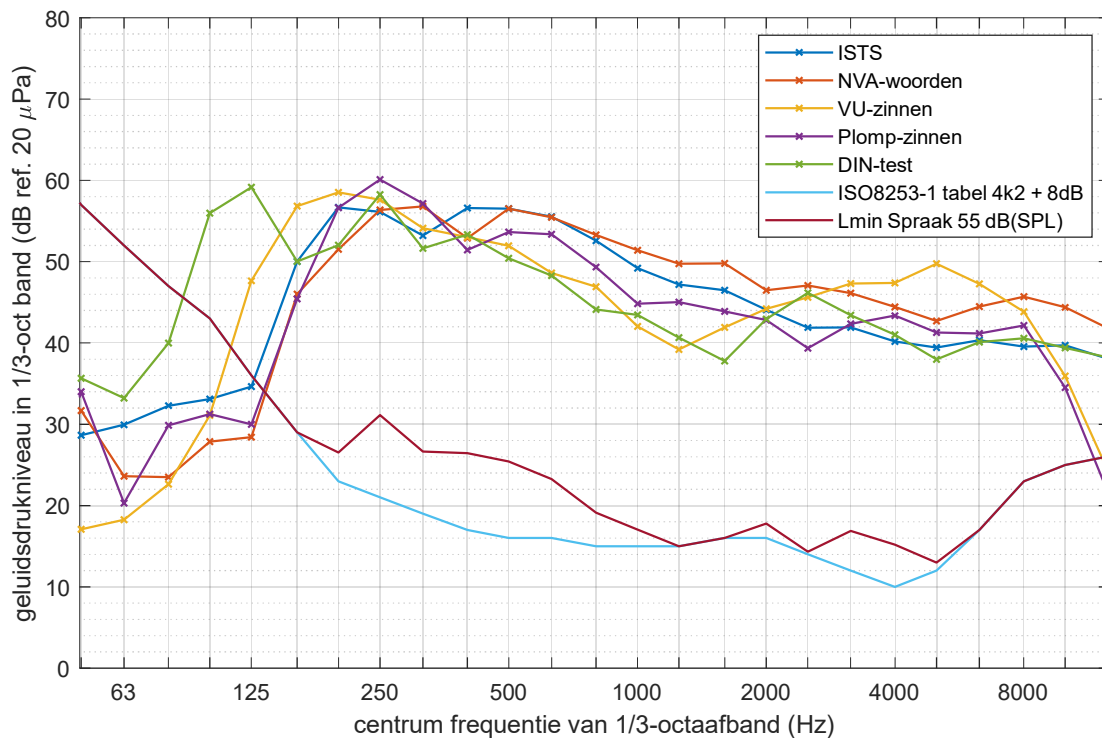
de gemiddelde absorptie. In een wat grotere ruimte is deze DRR-vereiste makkelijker te bereiken.

Bijlage 3 Toelichting bij eisen voor vrije-veld spraakaudiometrie

Maximale toegestane geluidsdrumniveaus voor spraakverstaaanstesten

In figuur B3.1 zijn de 1/3-octaaftband spectra van veel gebruikte spraakmaterialen weergegeven voor een breedbandig gemeten niveau van 65 dB(SPL). Van deze spectra is per 1/3-octaaftband het minimum bepaald. Vervolgens is hier 10 dB vanaf getrokken, omdat de spraak minimaal bij 55 dB(SPL) aangeboden moet kunnen worden. Daarna is er nog eens 15 dB vanaf getrokken, omdat de zachte delen van de spraak tot 15 dB onder de RMS-waarde liggen, resulterend in 'Lmin spraak 55 dB(SPL)'. De normcurve voor foneemcores van NVA-woorden in ruis laat ook zien dat het verstaan pas bij 15 dB SNR vrijwel 100% is, dus pas als ook de zachte spraakklanken volledig detecteerbaar zijn geworden, zie figuur B3.2.

De 'Lmin spraak 55 dB(SPL)' is in principe de Lmax norm voor omgevingslawaai voor spraakmetingen. Voor 1 t/m 6 kHz liggen deze waarden dicht bij de eis voor de toonaudiometrie met beengeleider, NEN-EN-ISO-8253-1, tabel 4, kolom 2 + 8 dB. In een ruimte waar de toonaudiometrie met beengeleider gedaan mag worden, kan dus ook bij 55 dB(SPL) spraak in het vrije-veld aangeboden worden. Deze eis is strenger dan voor toonaudiometrie in het vrije-veld.



Figuur B3.1. Spraakspectra (in 1/3-octaaftband geluidsdrumniveaus) voor spraakmaterialen die het meest gebruikt worden in Audiologische Centra.



Het 1/3-octafbandspectrum van het International Long-term Average Speech Spectrum (ILTASS) (voor vrouwenstem) wordt gegeven in tabel B3.1²⁸.

Tabel B3.1. International Long-term Average Speech Spectrum (ILTASS) (vrouw) in dB(SPL) per 1/3-octafband voor een breedbandig geluidsdruk niveau van 65 dB(SPL).

Freq	ILTASS
200	57,2
250	55,9
315	53,1
400	56,7
500	56,7
630	55,4
800	53,0
1000	49,3
1250	47,3
1600	46,7
2000	43,8
2500	42,3
3150	41,7
4000	40,3
5000	39,6
6300	40,2
8000	39,9

Vereisten geluidsveld voor spraakverstaanstesten

Om in het vrije-veld spraakverstaanstesten goed uit te kunnen voeren moet de invloed van de akoestiek op de spraakverstaanscores verwaarloosbaar zijn voor alle patiënt-doelgroepen. Uit de normaalcurve voor NVA-woorden in ruis, is voor 100% foneemverstaan een spraak-ruisverhouding > 12 dB nodig, zie figuur B3.2. Dit correspondeert met een STI-waarde > 0.9²⁹, zie figuur B4.1. Voor slechthorenden verloopt de normaalcurve mogelijk minder steil en dan zal een spraak-ruisverhouding >15 dB nodig zijn, wat correspondeert met STI=1. Ook volgens Steeneken en Houtgast is een Speech Transmission Index (STI) van bijna 1 nodig om CVC fonemen 100% te verstaan^{30,31}. Voor spraak-in-ruis metingen met fluctuerende ruis is galm eveneens ongewenst, omdat daarmee de dips in de ruis snel gevuld worden met de nagalm³².

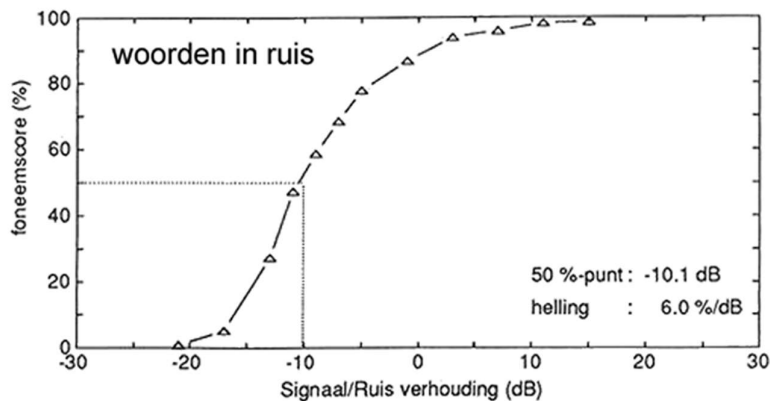
²⁸ Byrne, D., Dillon, H., Tran, K., Arlinger, S., Wilbraham, K., Cox, R., ... & Ludvigsen, C. (1994). An international comparison of long-term average speech spectra. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 96(4), 2108-2120.

²⁹ Duquesnoy, A., & Plomp, R. (1980). Effect of reverberation and noise on the intelligibility of sentences in cases of presbycusis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 68(2), 537-544.

³⁰ Houtgast, T., Steeneken, H. J., Ahnert, W., Braida, L., Drullman, R., Festen, J., ... & van Wijngaarden, S. (2002). Past, present and future of the Speech Transmission Index (pp. 14-16). Soesterberg: TNO.

³¹ Xia, J., Xu, B., Pentony, S., Xu, J., & Swaminathan, J. (2018). Effects of reverberation and noise on speech intelligibility in normal-hearing and aided hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 143(3), 1523-1533.

³² George EL, Festen JM, Houtgast T. The combined effects of reverberation and nonstationary noise on sentence intelligibility. *J Acoust Soc Am*. 2008 Aug;124(2):1269-77.



Figuur B3.2. Normaalcurve voor NVA-woorden in ruis.

Als al het gereflecteerde geluid gezien wordt als stoornis, is een direct-to-reverberant ratio (DRR) > 15 dB nodig. Dit is in de praktijk lastig haalbaar in kleine ruimten. De benodigde gemiddelde absorptie moet dan erg hoog zijn, zoals is te zien in figuur B3.3.

Voor spraakverstaan zijn echter de vroege reflecties niet storend, want die worden in het auditieve systeem geïntegreerd met het directe geluid, zowel bij normaal- als slechthorenden³³. De grens tussen bruikbare vroege reflecties en latere, storende reflecties ligt tussen de 30 en 80ms³⁴. Vaak wordt als grens 50ms gekozen, bijvoorbeeld in de U50 maat, die de verhouding tussen de vroege geluidsenergie (direct geluid en vroege reflecties ≤ 50ms) enerzijds en de late reflecties (> 50ms) plus ruis anderzijds weergeeft³⁵.

De STI blijkt heel sterk gecorreleerd met de U50 als beide maten gebruikt worden voor karakterisering van de invloed van akoestische eigenschappen van een ruimte op het spraakverstaan³⁶. Een STI van (bijna) 1 blijkt overeen te komen met een U50-waarde van 15 tot 20 dB. In de vorige paragraaf zijn eisen aan de maximale ruis gesteld, zodanig dat die geen invloed heeft op de spraak. Als er geen stoornis is die invloed heeft op het spraakverstaan, valt de U50 maat samen met de C50 maat, die de verhouding tussen de vroege spraakenergie (direct geluid en vroege reflecties ≤ 50ms) en de late reflecties (> 50ms) weergeeft.

Op grond van bovenstaande wordt in deze kwaliteitsnorm voor C50 een waarde ≥ 15 dB vereist, om negatieve invloed van late reflecties op het spraakverstaan bij vrije-veld spraakaudiometrie te voorkomen.

Het voordeel van de C50 en de STI ten opzichte van de nagalmtijd T is dat C50 en STI gevoelig zijn voor de directionaliteit van de luidspreker en de afstand tussen de luidspreker en de luisteraar en T niet.

Uit figuur B3.3 blijkt dat C50 ook afhankelijk is van het kamervolume en van de gemiddelde absorptie. In een kleinere ruimte is het aandeel van de late reflecties kleiner, waardoor de C50 eis makkelijker wordt gehaald dan in een grotere ruimte.

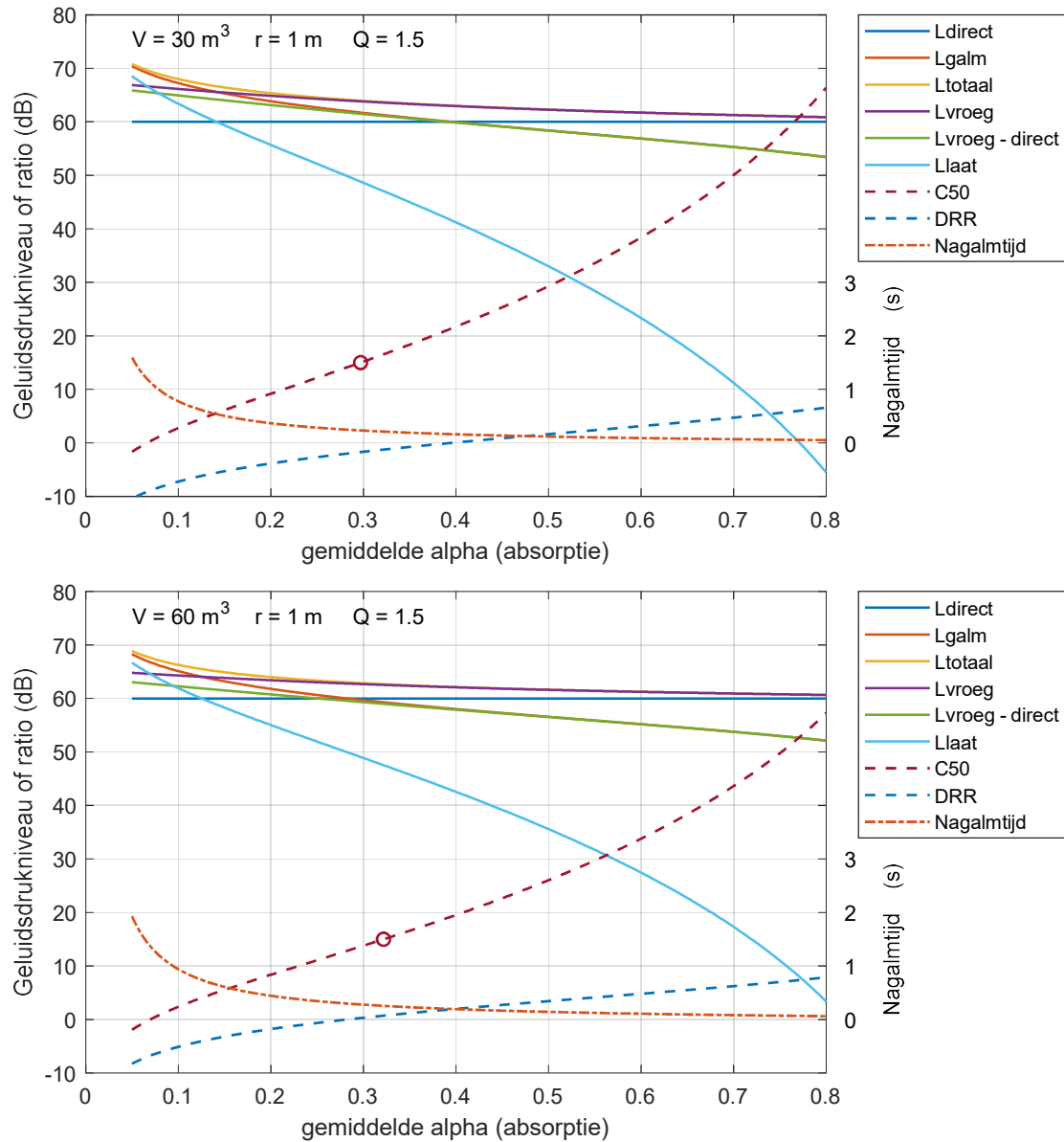
Let wel: figuur B3.3 geeft slechts een indicatie van de verschillende geluidscomponenten, berekend onder verschillende aannamen, zoals exponentiële afname van de geluidsenergie van de galm na uitschakeling van de bron en aanwezigheid van een diffuus galmveld.

³³ Bradley, J. S., Sato, H., & Picard, M. (2003). On the importance of early reflections for speech in rooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113(6), 3233-3244.

³⁴ Bradley, J. S. (1986). Predictors of speech intelligibility in rooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 80(3), 837-845.

³⁵ Bradley, J. S. (1986). Speech intelligibility studies in classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 80(3), 846-854.

³⁶ Bistafa, S. R., & Bradley, J. S. (2000). Reverberation time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility metrics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(2), 861-875.



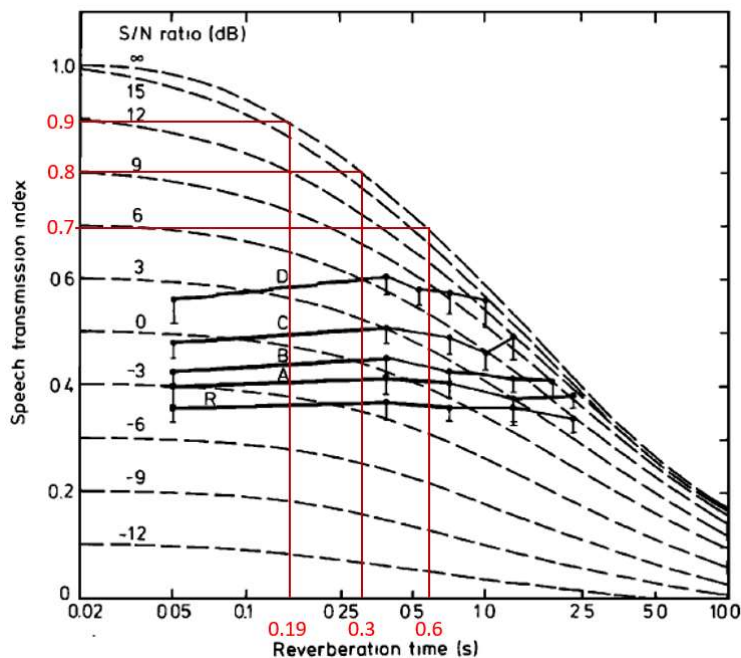
Figuur B3.3 Geluidsdrumniveaus van verschillende geluidscomponenten, namelijk het directe geluid (Ldirect), de nagalm (Lgalm), het totale geluid (Ltotaal, de energetische som van Ldirect en Lgalm), de vroege component van het geluid (Lvroeg, de energetische optelling van Ldirect en de eerste 50ms van de reflecties), de late component van de galm (Llaat, de geluidsenergie in de reflecties > 50ms), de ratio's C50 (Lvroeg min Llaat) en Direct-to-Reverberant-Ratio (DRR oftewel Ldirect min Lgalm) en de nagalmtijd als functie van de gemiddelde absorptie coëfficiënt alpha. De geluidsdrumniveaus worden weergegeven op de linker as in dB(SPL), de ratio's C50 en DRR worden weergegeven op de linker as in dB en de nagalmtijd wordt weergegeven op de rechter as in seconden. In de bovenste grafiek zijn deze geluidsdrumniveaus gegeven voor een kleinere ruimte van 30 m^3 en in de onderste voor een wat grotere kamer van 60 m^3 . In beide grafieken is de afstand tussen bron en ontvanger 1m en is de directionaliteit (de Q-factor) op 1.5 gesteld. Het datapunt in de C50 curve is het criterium van 15 dB voor C50.

Bijlage 4 Toelichting bij eisen voor spreekkamers

Vereisten geluidsveld spreekkamers

Volgens het Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen mag de nagalmtijd T van een ingerichte kamer niet meer te bedragen dan 0.6 s (of 0.8s in een lege kamer)³⁷. Dit komt overeen met een STI-waarde van 0.7 en is equivalent aan de S/N ratio van 6 dB, zoals is af te lezen in figuur B4.1³⁸. Het is dan voor personen met een normaal gehoor mogelijk om zinnen 100% te verstaan³⁹. Voor slechthorenden is, ook met goed ingestelde hoortoestellen, de benodigde S/N ratio hoger, net zoals de spraakreceptiedrempel (SRT50) in een spraak-in-ruistest slechter is. Die SRT50 is met goed ingestelde hoortoestellen naar schatting 3 tot 5 dB slechter dan de normaalwaarde, zolang de maximale spraakdiscriminatie nog (vrijwel) 100% is. Als de benodigde S/N ratio 3 dB hoger is, dan is een STI van 0.8 vereist en de bijbehorende maximale nagalmtijd is dan 0.3 seconden.

Als norm voor de spreekkamers voor slechthorenden wordt $T < 0.3$ seconde gesteld, omdat dit voor veel situaties toereikend zal zijn en in de praktijk goed haalbaar is.



Figuur B4.1 De stippellijnen tonen de Speech Transmission index (STI) als functie van de nagalmtijd voor spraak-in-ruis in verschillende spraak-ruis verhoudingen (S/N ratio). Deze figuur geldt voor een afstand tussen spreker en luisteraar, die ruim groter is dan de galmstraal. De rode lijnen geven de maximale nagalmtijd voor STI-waarden van 0.7, 0.8 en 0.9 voor spraak in stilte. De zwarte horizontale lijnen geven de STI-waarden voor verschillende spraakreceptiedrempels (SRT) voor groepen luisteraars die verschillen in mate van gehoorverlies. Deze figuur is afkomstig uit: Duquesnoy, A., & Plomp, R. (1980)²⁶.

³⁷ Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, a.w.. Voor ruimten ≤ 25 m², geldt daarnaast volgens dit handboek een eis voor de 125 Hz octaafband: de nagalmtijd voor deze band bedraagt maximaal 1,2 maal de gemiddelde nagalmtijd.

³⁸ Duquesnoy, A., & Plomp, R. (1980). Effect of reverberation and noise on the intelligibility of sentences in cases of presbycusis. The Journal of the Acoustical Society of America, 68(2), 537-544.

³⁹ Houtgast, T., Steeneken, H. J., Ahnert, W., Braidia, L., Drullman, R., Festen, J., ... & van Wijngaarden, S. (2002). Past, present and future of the Speech Transmission Index (pp. 14-16). Soesterberg: TNO.

Speech privacy methode

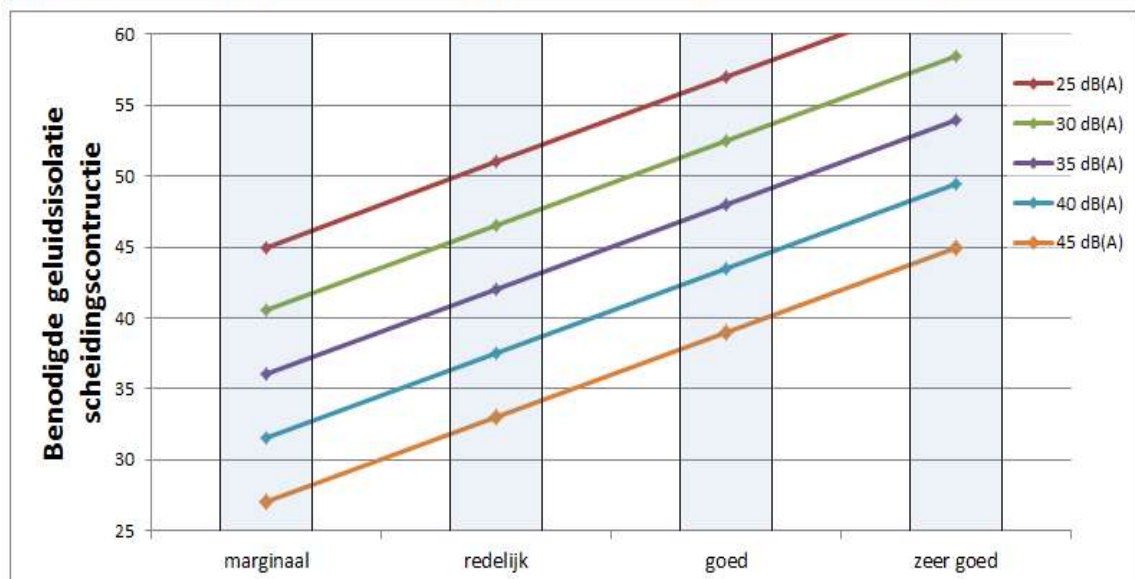
Onderstaande tabel geeft op basis van het aanwezige omgevingsgeluid/achtergrondgeluid (25-45 dB(A)) de benodigde isolatie voor een marginale tot zeer goede privacy.

Voor het stemvolume kan aangehouden worden⁴⁰:

- Luid: 70 dB(A).
- Verhoogd: 65 dB(A).
- Normaal: 55-60 dB(A).

De figuur geeft een vereiste karakteristieke geluidswering als $D_{nT,A,k}$ waarde in decibel⁴¹. De $D_{nT,A,k}$ waarde geeft de geluidswering van een wand, omgerekend naar een referentie nagalmtijd (nT) in de aangrenzende ruimte (de meeluister ruimte) en een A-gewogen standaard spectrum omgevingsgeluid (volgens ISO-717). Volgens hoofdstuk 1 is voor gesprekken met slechthorenden de speech privacy categorie 'goed' vereist. In de figuur kan afgelezen worden welke geluidsisolatiewaarde dan van toepassing is, afhankelijk van het geluidsdrukniveau van het achtergrondgeluid in de naastliggende ruimte.

Stemvolume	Hoorbaarheid gesprekken			
Luid	duidelijk verstaanbaar	duidelijk verstaanbaar	met moeite verstaanbaar	hoorbaar, niet verstaanbaar
Verhoogd	duidelijk verstaanbaar	met moeite verstaanbaar	hoorbaar, niet verstaanbaar	onhoorbaar
Normaal	met moeite verstaanbaar	hoorbaar, niet verstaanbaar	onhoorbaar	onhoorbaar
Speech privacy	marginaal	redelijk	goed	zeer goed



Figuur B4.1 De benodigde geluidsisolatie die nodig is om een mate van privacy te garanderen. De benodigde verzwakking door een scheidingsconstructie is weergegeven als $D_{nT,A,k}$ waarde in decibel, bepaald volgens NEN 5077, voor verschillende mate van verstaanbaarheid en hoorbaarheid van gesprekken in een naastliggende ruimte en voor verschillende geluidsdrukniveaus van het achtergrondgeluid in die naastliggende ruimte (de gekleurde lijnen).

⁴⁰ Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, a.w..

⁴¹ In deze norm is ervoor gekozen om voor de privacy-eis aan te sluiten bij de $D_{nT,a,k}$ maat, die in de akoestiekwereld gebruikelijk is, in NEN- en ISO-normen gebruikt wordt en ook in andere normkaders gebruikt wordt. Een andere optie is om de verzwakking van spraak tussen de positie in de zendruimte en de positie in de ontvangstruimte te meten en dan te bekijken of de spraak onverststaanbaar is. Deze meer praktische aanpak kan parallel aan de $D_{nT,a,k}$ maat meegenomen worden bij de beoordeling van spreekkamers.



Bijlage 5 Qualified tester definitie NEN-EN-ISO 8253-1

Paragraaf 4.4 van de NEN-EN-ISO 8253-1 van november 2010 beschrijft de rol en de taak van degene die het audiogram afneemt. De norm gaat uit van een gekwalificeerd persoon die actie onderneemt als: “there is any external noise event or behaviour of the test subject that might invalidate the test”, waarbij de actie is: “to interrupt, terminate or repeat all part of the test”. De norm verwacht dus van de gekwalificeerde persoon dat hij/zij zo nodig pauzeert of de meting herhaalt, indien externe geluiden de meting beïnvloeden.



Bijlage 6 Ontwerp- en verbeteradviezen voor meetruimten en spreekkamers

Er zijn twee soorten eisen voor meetruimten en spreekkamers: 1) maximaal toegestane geluidsdrumniveaus en 2) voldoende geluidsabsorptie om de invloed van het geluidsveld in de ruimte op audiometrische testen en/of gesprekken te minimaliseren. Deze bijlage geeft adviezen hoe aan beide eisen kan worden voldaan.

Ontwerpadvies voor stille ruimten

De eisen voor de maximaal toegestane geluidsniveaus zijn streng en het is dan ook belangrijk om vanaf het eerste ontwerp van de ruimten hiermee rekening te houden aan de hand van de volgende adviezen.

Ten eerste is het nodig om de ruimten zoveel mogelijk in een geluidsarme omgeving te positioneren in een gebouw. Het geluid vanuit de omgeving van het gebouw (zoals wegen, spoor, helikopterplatform, etc.) maken een gevel geluidbelast. Een meetruimte grenst daarom bij voorkeur niet aan een geluidbelaste gevel. Maar ook binnen het gebouw is een geluidsarme omgeving nodig. Dus liever geen meetkamers direct naast een wachtkamer, drukke doorgang, keuken of technische ruimte.

Ten tweede is het belangrijk om de geluidsisolatie van de ruimte zo groot mogelijk te maken, zodat omgevingsgeluid niet doordringt tot in de ruimte. Dit wordt in de praktijk vooral bereikt door de scheidingsconstructie voldoende massa te geven, te zorgen voor zoveel mogelijk ontkoppeling van de naastliggende ruimte door een spouw en het zoveel mogelijk voorkomen van flankerende geluidsoverdracht. Voor meetruimten kan daarvoor gebruik gemaakt worden van een doos-in-doos opbouw waarbij zowel de binnenwand als de buitenwand veel massa heeft. Voor spreekkamers is een doos-in-doos opbouw niet nodig, maar wel wanden met voldoende massa en een spouw (bijvoorbeeld een dubbele gipsplaat aan weerszijden van een spouw), die boven systeemplafonds doorlopen, tot aan een massief plafond. Hierbij dient voorkomen te worden dat de ruimte zodanig afgedicht wordt dat de luchtverplaatsing door het sluiten van de deur niet opgevangen kan worden. Ook voor de deur geldt dat die voldoende massa moet hebben voor een goede isolatie. Rubbers in de sponning en een goede valdorpel dragen ook bij aan de geluidsisolatie.

De in deze norm genoemde $D_{nT,A,k}$ -waarden voor geluidsreductie moeten niet worden verward met door fabrikanten opgegeven $R_{w,p}$ -, R'_w - of R_w -waarden. Ook niet met een eis gekoppeld aan een wand. Het zijn nadrukkelijk meetbare waarden tussen ruimten en geen waarden die aan scheidingen gekoppeld moeten worden. Ook andere geluidslekken zoals via gevels of wandaansluitingen moeten in beschouwing worden genomen. Als vuistregel kan worden gehanteerd dat een R_w - of $R_{w,p}$ -waarde ca. 3 dB(A) hoger moet zijn dan de $D_{nT,A,k}$ -waarde om aan de eis te voldoen. Bijvoorbeeld de scheiding tussen een gang en spreekkamer moet voldoen aan een $D_{nT,A,k}$ -waarde van ten minste 33 dB(A). Bij toepassing van een deurblad met een $R_{w,p}$ -waarde van 36 dB(A) (33+3) kan dit haalbaar zijn, afhankelijk van de gehele opbouw van de wand, type kierdichting, grootte van de deur, etc. Om die reden wordt doorgaans een deurbladwaarde van 36 of 38 dB(A) gehanteerd. Of dan uiteindelijk aan de eis wordt voldaan, hangt af van de volledige prestatie van alle scheidingen van die ruimte. Alles moet kloppen: een klein gat in een wand, een niet sluitende kierdichting, onderbroken isolatie of teveel stopcontacten in een wand kunnen de geluidsisolatie al teniet doen. Het is daarom van groot belang om de uitvoeringskwaliteit tijdens het bouwproces te borgen⁴².

Ten derde moet de constructie zo gemaakt worden dat contactgeluiden zoveel mogelijk voorkomen worden. Dit vraagt om akoestische ontkoppeling in de sprinklerinstallatie en andere installatietechnische starre verbindingen. Op de vloer in de omliggende én bovenliggende

⁴² Deze paragraaf is op enkele aanpassingen na overgenomen uit 'Bouwnorm 2021 LHV'.



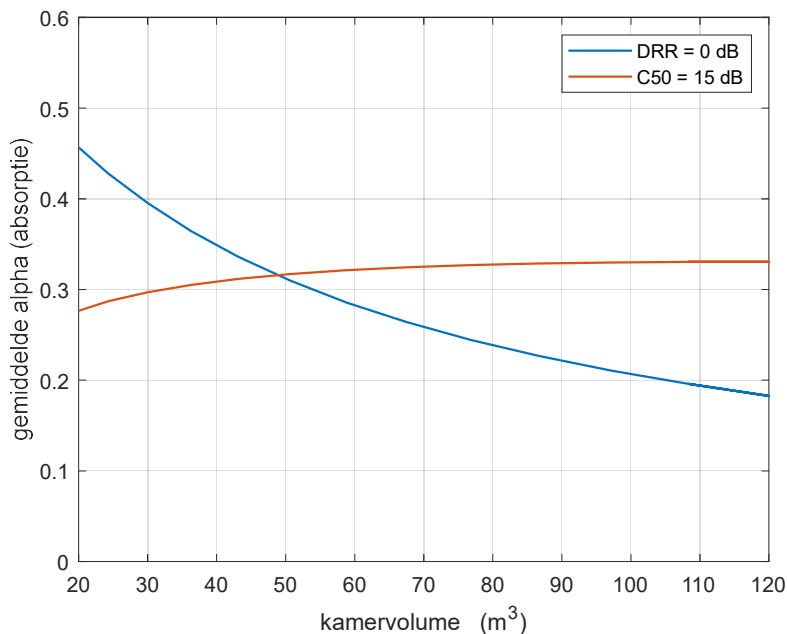
ruimten is materiaal nodig, dat loopp geluiden zoveel mogelijk voorkomt. Zware deuren die dicht gedaan worden, geven ook snel contactgeluid in de naastliggende ruimten, en hebben rubbers in de sponning nodig.

Ten vierde moet de aanwezigheid van geluidsbronnen in de ruimte zoveel mogelijk voorkomen worden. Vooral geluid door ventilatie vraagt dan aandacht. Dit kan verminderd worden door het plaatsen van voldoende geluiddemping in het ventilatiekanaal en verlaagde lichtsnelheid in combinatie met een grote diameter van het ventilatiekanaal. Ook de apparatuur in de ruimte kan geluid maken. Computers moeten stil zijn of buiten de ruimte geplaatst worden.

Ontwerpadvies voor de akoestiek van meetruimten

Op basis van een akoestisch rekenmodel (zie bijlage 3) kunnen enkele ontwerprichtlijnen gegeven worden voor nieuwe ruimten wat betreft de benodigde gemiddelde geluidsabsorptiecoëfficiënt.

In ruimten voor toonaudiometrie/VRA in het vrije-veld is er een quasi vrije-veld situatie nodig. In bijlage 2 wordt dit vertaald naar een Direct-Reverberant Ratio $DRR > 0$. Figuur B6.1 geeft weer welke gemiddelde absorptie-coëfficiënt (gemiddeld over alle oppervlakken) minimaal nodig is om een DRR van 0 dB te halen bij een bepaald volume en uitgaande van een afstand van één meter tussen luidspreker en luisteraar. Daaruit blijkt dat hoe kleiner de ruimte is, hoe meer absorptie nodig is. Als een afstand groter dan 1 m gewenst is, dan is er meer absorptie nodig. Voor ruimten waarin spraakaudiometrie in het vrije-veld moet worden uitgevoerd, is de eis dat $C50 \geq 15$ dB. Figuur B6.1 geeft weer welke gemiddelde absorptie-coëfficiënt (gemiddeld over alle oppervlakken) daar minimaal voor nodig is bij een bepaald ruimtevolumen en uitgaande van een afstand van één meter tussen luidspreker en luisteraar.



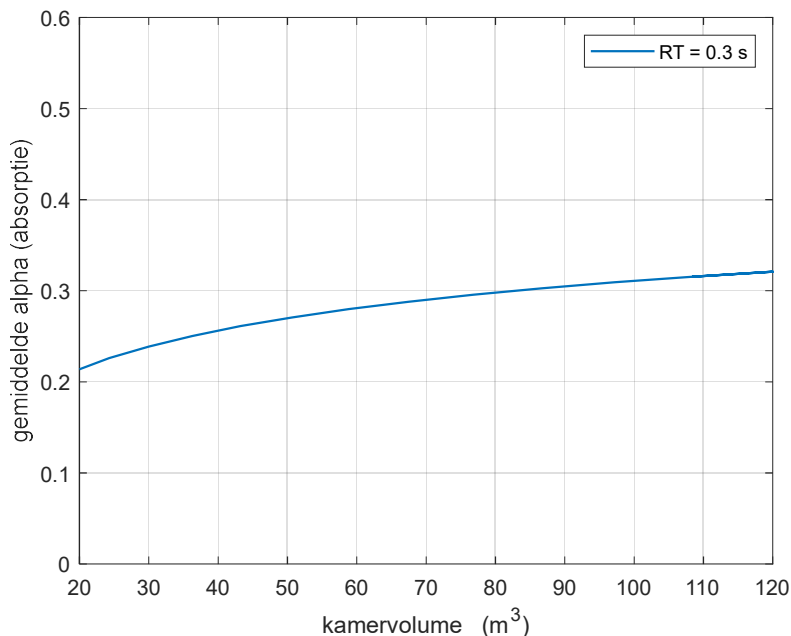
Figuur B6.1. Gemiddelde absorptie-coëfficiënt (gemiddeld over alle oppervlakken) die minimaal nodig is voor een Direct-Reverberant Ratio (DRR) van 0 dB of een $C50 \geq 15$ dB, als functie van het volume van de ruimte en uitgaande van een afstand van één meter tussen luidspreker en luisteraar.



Iets vereenvoudigd volgt hieruit een ontwerprichtlijn voor de gemiddelde geluidsabsorptiecoëfficiënt van 0.33. Het advies is om geluidsabsorberend in alle richtingen toe te passen, dus in het plafond, zijwand(en) en achterwand/voorwand.

Ontwerpadvies voor de akoestiek van spreekkamers

Op basis van een akoestisch rekenmodel (zie bijlage 3) kan de benodigde gemiddelde geluidsabsorptiecoëfficiënt in spreekkamers als ontwerprichtlijn berekend worden, uitgaande van de norm dat de nagalmtijd $RT < 0.3$ seconden moet zijn. Figuur B6.2 geeft deze benodigde gemiddelde geluidsabsorptiecoëfficiënt als functie van het volume van de ruimte. Iets vereenvoudigd volgt hieruit een ontwerprichtlijn voor de gemiddelde geluidsabsorptiecoëfficiënt van 0.33. Het advies is om in ieder geval een volledig geluidsabsorberend ($\alpha < 0.8$) plafond toe te passen en ook geluidsabsorberende wandpanelen aan te brengen, bij voorkeur op de achterwand en een zijwand.



Figuur B6.2. Gemiddelde absorptie-coëfficiënt (gemiddeld over alle oppervlakken) die minimaal nodig is voor een nagalmtijd $RT = 0.3$ s of lager, als functie van het volume van de ruimte en uitgaande van een positie van de luisteraar in het galmveld.

Verbeteradvies voor meetkamers

Deze paragraaf geeft verbeteradvies voor meetkamers als na metingen blijkt dat niet is voldaan aan de eisen uit hoofdstuk 1.

Als het achtergrondgeluidsdrukkniveau te hoog bleek, is het belangrijk om de mogelijke stoorbronnen op te sporen. Maak daarin onderscheid tussen bronnen in de ruimte, contactgeluid of onvoldoende isolatie van luchtgeluid. Afhankelijk van welke stoorbronnen geïdentificeerd worden kunnen de volgende maatregelen toegepast worden: Geluidsdemping in het ventilatiekanaal, akoestische ont koppeling van de sprinklerinstallatie, het toepassen van een zwaardere deur of een dubbele deur, deuren voorzien van dubbele goede kierdichting, een valdorpel als sprake is van een drempelloze deuropening, het plaatsen van een zware



voorzetwand met spouw, aanpakken van stoorbronnen in de ruimte, maar ook wijziging van indeling en het gebruik van ruimte, zoals het wijzigen van een looproute, etc.

Als niet is voldaan aan de akoestische eisen, breng dan zo mogelijk extra geluidsabsorberende materialen aan die een hoge absorptie coëfficiënt hebben voor het frequentiegebied met de grootste overschrijding van de norm. Het aanpassen van de audiometrie-opstelling is een andere mogelijkheid. Dit is vooral mogelijk voor vrije-veld testen door gebruik van luidsprekers met grotere directionaliteit of het verkleinen van de afstand (maar niet kleiner dan 75cm).

Ook kan opnieuw nagedacht worden over welke kamer het meest geschikt is voor welke testen. Voor toonaudiometrie in het vrije veld voldoet een grotere kamer sneller dan een kleinere. Voor spraaudiometrie in het vrije veld is het andersom: een kleinere kamer is beter, hoewel dit effect klein is.

Verbeteradviezen voor spreekkamers

Deze paragraaf geeft verbeteradviezen voor spreekkamers als na metingen blijkt dat niet is voldaan aan de eisen uit hoofdstuk 1.

Als het achtergrondgeluidsdruk niveau te hoog is, probeer dan te onderscheiden tussen geluidsbronnen in de kamer en buiten de kamer, door ook te meten met uitgeschakelde geluidsbronnen in de kamer of juist buiten normale bedrijfstijden, zodat er weinig/geen geluid van buiten de kamer is. Verminder of elimineer zo mogelijk geluid door apparatuur in de ruimte (stillere PC, oplossen aardlus, apparaat inbouwen etc), plaats geluidsdempers in ventilatiekanalen, etc. Als het geluid van bronnen buiten de kamer te hoog is of als niet voldaan wordt aan de privacy-norm, dan is mogelijk de geluidwerendheid voor luchtgeluid van één of meer wanden onvoldoende. Probeer dan de oorzaak op te sporen, door goed te kijken en te luisteren bij naden, deurposten, drempels, ventilatieroosters, etc. Afhankelijk van de oorzaak kunnen er aanpassingen gedaan worden, zoals verbetering van de kierdichting van de deur, plaatsing van een valdeur, plaatsen van een zwaardere deur, het zo nodig afdichten van kieren, het sluiten van openingen tussen ruimten boven de plafondplaten, het plaatsen van een zware voorzetwand met spouw, etc. Een andere mogelijkheid is dat de geluidwerendheid voor contactgeluiden onvoldoende is. In dat geval kan het beste een externe deskundige ingeschakeld worden. Overweeg ook verbetermogelijkheden door wijzigingen in indeling en gebruik van de ruimtes, zoals het wijzigen van een looproute, zodat die niet meer langs de spreekkamer gaat, het verplaatsen van een wachtkamer, het wijzigen van het gebruik van ruimtes, zorg voor slechthorenden alleen te bieden in dat deel van de spreekkamers dat voldoet aan de normen voor slechthorenden, etc.

Als de nagalmtijd te hoog is, is het advies om eerst naar het plafond te kijken. Als daar geen volledig geluidsabsorberende materialen zijn toegepast, is dat een goede, betaalbare optie. Als ondanks een geluidsabsorberend plafond de nagalmtijd te hoog is, dan is het advies om geluidsabsorberende wandpanelen aan te brengen, bij voorkeur op de achterwand en een zijwand.

Als aanpassingen aan de ruimte technisch niet mogelijk zijn of financieel disproportioneel geacht worden, kan communicatieapparatuur ingezet worden om de spraak-ruisverhouding voor de patiënt te verbeteren, de negatieve invloed van de akoestiek te verminderen en een verhoogd spreekniveau te voorkomen. Een generieke oplossing hiervoor is om de behandelaar in een microfoon te laten praten en het signaal aan te bieden aan de patiënt via een luidspreker vlakbij de patiënt. Als de patiënt een remote microfoon of solo-apparatuur heeft, kan die gebruikt worden.