

Samenvatting akoestische maatregelen klaslokalen van 50 m² vloeroppervlak

- In dit deel behandelen we schoollokalen met ca. 50 m² vloeroppervlakte, een waarde die in het basisonderwijs min of meer standaard is.
- Voor uitstekende spraakverstaanbaarheid is een nagalmtijd van ca. 0.6 s in een leeg lokaal (zonder kinderen, meubilair, kasten e.d.) gewenst. Een waarde van 0.8 s is al aan de lange kant; de nagalmtijd van 1 s die tot voor kort in het Bouwbesluit stond, is veel te lang.
- Aangezien leerlingen en meubilair bijdragen aan de absorptie is de nagalmtijd in een volle klas gelijk aan 0.4 s.
- Bij een verdere afname van de nagalmtijd tot 0.35 s voorspelt het rekenmodel nog een toename van de spraakverstaanbaarheid achter in de klas, maar het rekenmodel is eigenlijk niet nauwkeurig genoeg om de nagalmtijd tot op de honderdste seconde te voorspellen.
- De absorptie in het lokaal kan ook te hoog worden. Het geluidniveau van het "vroeg" geluid wordt dan te laag in verhouding tot de altijd aanwezige ruis in het lokaal. Nagalmtijden van 0.30 s of lager dienen daarom te worden vermeden.
- Om een nagalmtijd van 0.4 s te bereiken is ca. 65 m² absorberend oppervlak nodig. De aanwezigen in het lokaal nemen hiervan ruim 10 m² voor hun rekening.
- Een uitstekend absorberend plafond kan 40 à 45 m² absorberend oppervlak leveren. Er moet dus (bij een harde vloer) nog 10 à 15 m² door de wanden worden geleverd. In een basisschool met veel open kasten is dat meestal geen probleem; in "kale" leslokalen is additionele absorptie, bijvoorbeeld hoog op de achterwand, gewenst.
- Er worden in dit deel alleen leslokalen behandeld uitgaande van een goede spraakverstaanbaarheid. De overige ruimten in school verdienen echter dezelfde behandeling. Absorberende gangen beperken de overdracht van gang naar lokaal en tussen lokalen onderling; andere verkeersruimten (de entreehal bijvoorbeeld) worden ook vaak voor het onderwijs gebruikt en dienen dus rijkelijk van absorptiemateriaal te worden voorzien.

Akoestiek in een school en in een klaslokaal

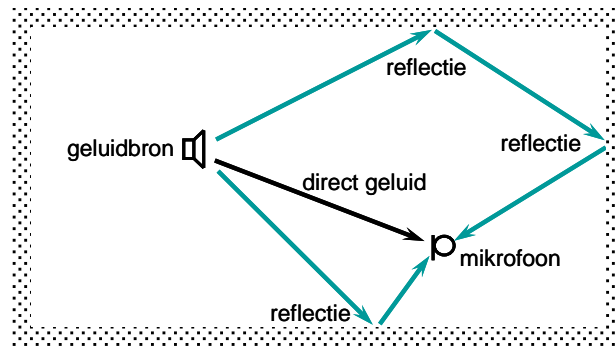
De huidige webpagina behandelt uitsluitend de spraakverstaanbaarheid in een klaslokaal. In de volgende webpagina (D.52) komen spreekzalen van willekeurige grootte aan de orde.

Maar uiteraard is een school meer dan een verzameling van klaslokalen; er zijn ook gangen nodig, een entreehal, een kantine of een gymlokaal. De akoestiek in die ruimten komt hier dus niet aan de orde. De gymzaal wordt behandeld in D.10 over sportzalen, voor de akoestische behandeling van de kantine leze men vooral webpagina D.20 over het restaurant.

Bij het ontwerp van een school is de onderlinge rangschikking van ruimten en functies van groot belang. Een centraal atrium is in de mode bij architecten en hun opdrachtgevers, maar als daar een lawaaiige kantine wordt gepland wordt automatisch gevraagd om problemen. Die zijn wel degelijk oplosbaar, maar het is een stuk eenvoudiger om binnen de school een andere plaats te zoeken. In webpagina D.60 meerdere ruimten binnen één gebouw wordt nader op de akoestiek in schoolgebouwen ingegaan. Dan blijkt een school niet tot de grootste probleemgevallen te horen; in een muziekschool of een popcentrum zijn de geluidbronnen veel luider en is dus meer onderlinge geluidisolatie vereist. Het akoestisch ontwerp van een school vraagt dus vooral aandacht, maar de problemen zijn oplosbaar.

Geluidstralen van bron naar toehoorder

In het theorie-deel van deze site is een model geïntroduceerd dat was gebaseerd op geluidstralen die via spiegeling tegen de wanden geconstrueerd worden. Figuur 1 herhaalt een figuur uit dat hoofdstuk. We nemen even aan dat een doorsnede is getekend met vloer en plafond, maar het zou evengoed een horizontale doorsnede kunnen zijn.



Figuur 1: Drie geluidstralen van een geluidbron naar een ontvanger. In de praktijk zijn er duizenden.

Allereerst kan het directe geluid worden getekend. De sterkte van het direct hangt sterk af van de afstand tussen bron en ontvanger, maar wordt niet beïnvloed door de akoestische eigenschappen van de ruimte. Verder is één straal getekend die tegen de vloer reflecteert. Soortgelijke stralen tegen de wanden en het plafond zijn weggelaten om de tekening enigszins helder te houden. In totaal zijn er zes enkelvoudige reflecties tegen zes grensovervlakken. Er is een tweede straal getekend die tweemaal reflecteert, tegen het plafond en een wand. Van deze tweevoudige reflecties zijn er 18 mogelijk; het aantal loopt dus razendsnel op bij drie, vier, enz. reflecties. Een gereflecteerde straal is altijd minder luid dan het directe geluid. Allereerst is de afgelegde afstand groter, maar een straal verliest ook nog energie bij iedere reflectie. Bij glas is het energieverlies zeer gering (maar niet helemaal nul); bij speciale geluidabsorberende materialen kan meer dan 80% van de energie verloren gaan [1]. Onze oren en hersenen zijn te traag om de afzonderlijke reflecties te onderscheiden. We ervaren het samenspel van stralen als nagalm.

Nagalm stoort de spraak

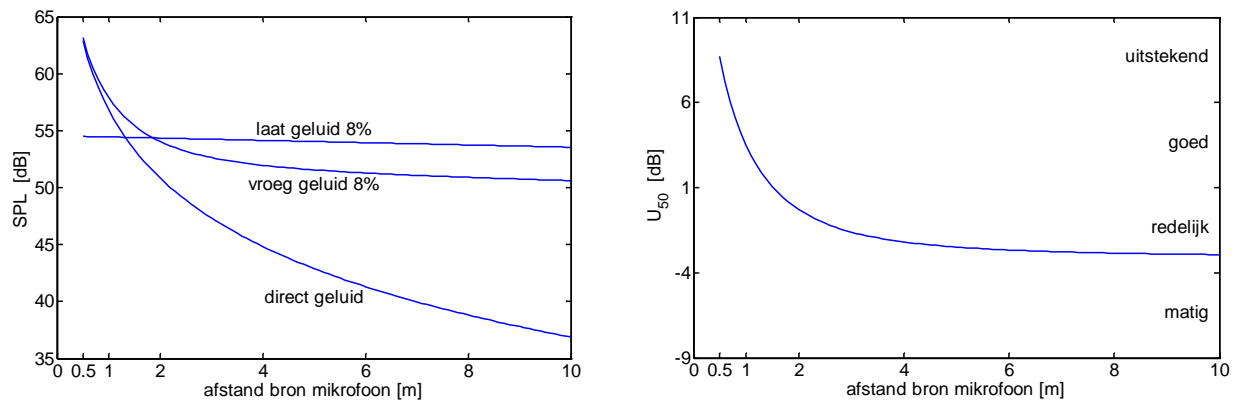
In normale spraak kunnen vijf klanken per seconde voorkomen [2]. Een klank van een spreker kan dus worden gestoord door de nagalm van een eerdere klank: het "late" geluid stoort de spraak. Stralen die vlak na het directe geluid arriveren, het "vroeg" geluid, verbeteren de spraakverstaanbaarheid meestal wel, vooral omdat de totale vroeg energie een stuk groter kan zijn dan het directe geluid. De scheiding tussen vroeg en laat geluid wordt voor spraak gesteld op 0.05 s (dus 50 ms). Omgerekend naar een afstand is dat dus 17 m, zodat in een schoollokaal enkel- en tweevoudige reflecties behulpzaam zijn bij het spraakverstaan. De spraakverstaanbaarheid staat of valt met de verhouding tussen vroeg en late energie en dat is weer afhankelijk van de toepassing van akoestische materialen. Een schoollokaal zonder absorptiemateriaal is ondenkbaar.

De bijdrage van de vroeg energie is essentieel in een schoollokaal. Op de voorste rij in een schoollokaal [3] is het directe geluid van een spreker luid genoeg, maar achter in het lokaal is het niveau van het directe geluid zo sterk gedaald, dat de vroeg reflecties onontbeerlijk zijn. Figuur 2 toont een voorbeeld van een lokaal voor een basisschool indien plafond, wanden en vloer van glas, beton, stuc en linoleum zijn gemaakt. De kinderen bevinden zich dan in een galmpot (gemiddelde absorptie is 8%), waarbij het merendeel van de absorptie door de kleding van de kinderen wordt geleverd.

In de figuur wordt het geluidniveau (*SPL*) uitgezet als functie van de afstand in een lokaal. Zoals elders reeds meerdere malen is uiteengezet daalt het niveau van het directe geluid sterk met de afstand. Het zijn de vroeg reflecties die ervoor zorgen dat de spraak achter in een klas niet volledig onhoorbaar wordt; het geluidniveau van de vroeg reflecties achter in de klas is 10 à 15 dB hoger dan het niveau van het directe geluid.

- 1 Het aantal malen dat één straal "hoorbaar" reflecteert kan worden geschat. In een galmend klaslokaal is de gemiddelde afstand tussen twee reflecterende wanden in de orde van 4 m. Bij een nagalmtijd van 1 s heeft een geluidstraal dus 340 m afgelegd, zodat het aantal reflecties gelijk is aan 85. Dat moet dus nog eens worden vermenigvuldigd met duizenden mogelijke stralen om een compleet "beeld" van de geluidvoortplanting te krijgen. Rekenmodellen gebaseerd op dit model doen dat dan ook.
- 2 Een klank lijkt op een lettergreep, maar we spreken meestal te slordig om de lettergrepen in het uiteindelijke geluidbeeld te kunnen onderscheiden.
- 3 Voor het gemak veronderstellen we een leerkracht die een klas toespreekt. In de praktijk wordt een groot deel van spraak echter geleverd door kinderen. Die zijn meestal (nog) moeilijker te verstaan dan een leerkracht. Allereerst spreken ze zachter, maar de richtingskarakteristiek van menselijke spraak maakt ze soms onverststaanbaar voor de kinderen die achter hen zitten.

De figuur toont ook het niveau van het galmaandeel (laat geluid). Vanaf ca. 2 m is die bijdrage groter dan de bijdrage van het vroege geluid. De spraakverstaanbaarheid achter in de klas is daardoor op de grens van "matig" en "redelijk". Dat is voor een klaslokaal volstrekt onwenselijk, zodat akoestische maatregelen noodzakelijk zijn.

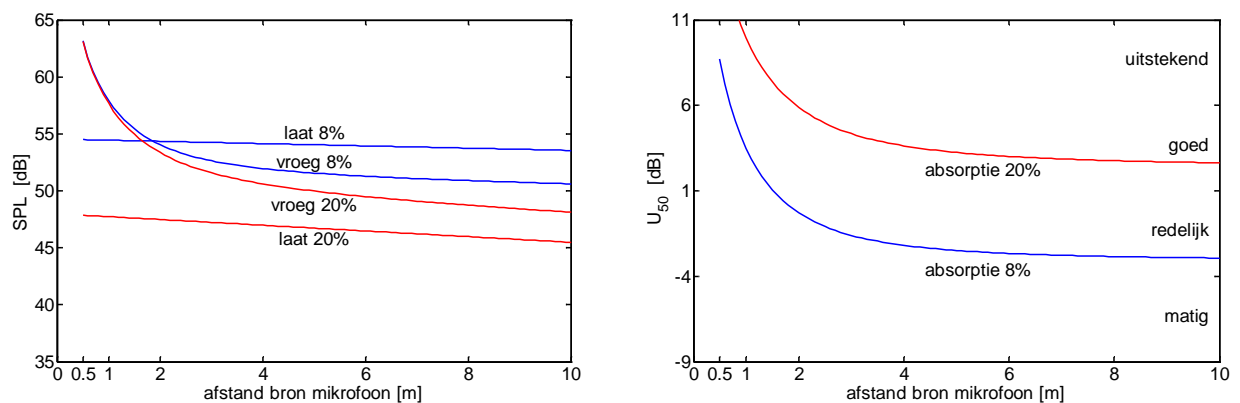


Figuur 2: Berekeningen in een klaslokaal van $8 \times 6 \times 3.25 \text{ m}^3$. De ruimte heeft een absorptiecoëfficiënt van 8%; de nagalmtijd is 1.7 s; de ruimte galmt dus sterk. De grootste afstand van 10 m is een extreem geval gemeten langs de vloerdiagonaal [4].

Figuur 2-links: Het geluidniveau (SPL staat voor "sound pressure level") van het directe geluid in een schoolklas. De bijdrage van de vroege reflecties hogen het directe geluidniveau van de spraak op. Het late geluid overheerst voor een afstand groter dan 2 m.

Figuur 2-rechts: Het verschil tussen het vroege en late geluid wordt U_{50} genoemd. Een waardeoordeel voor de spraakverstaanbaarheid staat rechts [5].

Figuur 3 laat zien wat er gebeurt indien de gemiddelde absorptiecoëfficiënt wordt opgehoogd van 8% naar 20%. De totale energie van het vroege geluid daalt omdat de gereflecteerde energie afneemt. Echter, de invloed van absorptie op de late reflecties is veel groter. Bij enkelvoudige reflecties gaat enige energie verloren, maar als een straal tien of twintig maal reflecteert neemt de energie veel sterker af. Het verschil tussen vroege en late energie (rechter figuur) wordt gunstig beïnvloed: de spraakverstaanbaarheid stijgt (achter in de klas) naar "goed".



Figuur 3: Vergelijking van de spraakverstaanbaarheid in het lokaal van figuur 2 bij 8% en 20% gemiddelde absorptie. Het directe geluid wordt *niet* beïnvloed en is daarom niet getekend. De nagalmtijd daalt van 1.7 naar 0.7 s.

"Goed" is niet goed genoeg

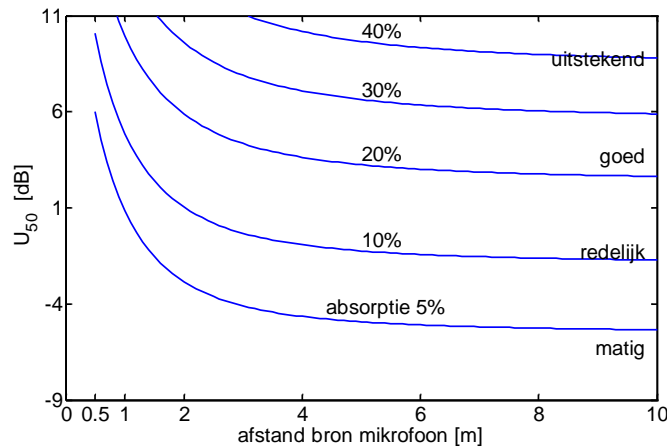
De curve van 20% absorptie in figuur 3 zorgt ervoor dat de spraakverstaanbaarheid in het lokaal overal "goed" genoemd kan worden. Dat is voldoende als het lokaal wordt gebruikt als bijvoorbeeld een conferentiezaal, maar voor een schoolklas moeten we toch ambitieuzer zijn en de aanduiding "uitstekend" zien te bereiken. Nog

4 Om nog wat preciezer te zijn: de berekeningen zijn gemaakt bij een spraakvermogen van 62 dB(A), tenzij anders vermeld. Bij een richtingscoëfficiënt $Q = 4$, levert dat een geluidniveau op van 57 dB(A) op 1 m afstand, bij afwezigheid van wanden. Dat is een "conversatie-geluidniveau". In de meeste klaslokalen wordt luider gesproken; dat komt later aan de orde.

Verder wordt steeds Barron's afstandsterm gebruikt. Veel verschil met de diffuse berekening maakt dat niet, maar de curve blijft ook op grotere afstand heel licht dalen. De webpagina's B.23 en B23.1 t/m B.23.4 geven de theoretische achtergrond van spreekzalen met verschillende afmetingen. Webpagina B.23.1 gaat specifiek in op het schoollokaal met ca. 50 m² vloeroppervlakte.

5 De aanduidingen komen van een STI-berekening. In webpagina B.22.1 wordt uitgelegd dat dat geoorloofd is.

meer absorberend materiaal is vereist, en figuur 4 laat zien hoeveel we nodig hebben. Bij 30% wordt de grens tussen “goed” en “uitstekend” overschreden; bij 35% wordt het midden van de categorie “uitstekend” bereikt. In webpagina B.23.1 wordt dieper en nauwkeuriger op deze getallen ingegaan.



Figuur 4: De invloed van de toevoeging van geluidabsorberend materiaal in het klaslokaal van figuur 2.

Tabel 1 geeft een voorbeeld van de simpele ontwerpmethodede om na te gaan of de waarde van 35% kan worden gehaald in een gebruikelijk klaslokaal. Dat blijkt goed mogelijk indien een absorberend plafond wordt toegepast. De absorptiecoëfficiënt van 0.70 voor het plafondmateriaal is gevonden via trial and error, tot de gemiddelde waarde van 35% is bereikt. Dergelijke plafondmaterialen zijn te kust en te keur te koop en het wemelt dus in Nederland van goed functionerende schoollokalen.

Tabel 1: Een schoollokaal van $8 \times 6 \times 3.25 \text{ m}^3$ [6]. In een Excel-sheet is de dikgedrukte waarde net zo lang gevarieerd totdat de gemiddelde absorptiecoëfficiënt onderin de tabel op 0.35 uitkwam. Open kasten met boeken absorberen en verstrooien het geluid vaak zeer aardig. Tafels en stoelen leveren ook hun bijdrage. Ze kunnen daarom in de berekening worden betrokken. Anderzijds is het lastig om een nauwkeurig getal in de tabel in te voeren. Hier is 6 m^2 aangehouden. De kinderen representeren ieder 0.5 m^2 absorptie. Dat is net een beetje aan de hoge kant en geldt eerder voor volwassenen.

| | oppervlak | absorptie-coëfficiënt | absorberend oppervlak |
|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | [m ²] | [-] | [m ²] |
| vloer | 48 | 0.05 | 2.4 |
| plafond | 48 | 0.70 | 33.6 |
| lange wand glas | 26 | 0.05 | 1.3 |
| lange wand met open kast | 26 | 0.2 | 5.2 |
| korte wand met bord | 20 | 0.05 | 1.0 |
| korte wand met open kast | 20 | 0.2 | 4.0 |
| | | | |
| meubilair | (-) | | 6 |
| 24 kinderen | (-) | | 12 |
| totaal oppervlak | 187 | | 66 |
| | Volume [m ³] | | 156 |
| | gemiddelde absorptiecoëfficiënt [-] | | 66/187 = 0.35 |
| | nagalmtijd [s] | | 0.40 |

6 Zoals gebruikelijk bij onze berekeningen worden voor het totale geometrische oppervlak alleen de vloer, plafond en wanden meegerekend. Extra absorptie (de kinderen bijvoorbeeld) telt alleen mee bij het absorberend oppervlak.

Uit tabel 1 blijkt dat ca. 34 m^2 geluidabsorptie in een schoolklas [7] moet worden aangebracht in de vorm van speciaal geluidabsorberend materiaal. In de tabel zit dat tegen het plafond, maar vanuit akoestisch oogpunt maakt het niet uit waar dat gebeurt. Het mag dus ook op de vloer of op de wanden, maar om praktische redenen wordt meestal het plafond gekozen. Anderzijds is het vrijwel onmogelijk om 34 m^2 absorptie geheel op de wanden kwijt te raken en een deel zal dus altijd op het plafond moeten. Als tweede komt vooral de achterwand in aanmerking [8].

Er is in het rekenvoorbeeld tamelijk veel absorberend oppervlak toegekend aan twee wanden met open kasten en aan het meubilair. In totaal is dat goed voor ruim 15 m^2 . Er zijn situaties (met name in het middelbaar onderwijs) waar de aankleding van het lokaal “kaler” is. Zo’n ruimte galmt hoorbaar sterker en de spraakverstaanbaarheid is er minder. Dat kan ten dele worden gecompenseerd door een sterker absorberend plafond toe te passen. De plafondwaarde van 70% in tabel 1 kan nog wel wat worden opgeschroefd.

De nagalmtijd als ontwerpparameter en als norm

Het is gebruikelijker om de nagalmtijd als norm te gebruiken dan de gemiddelde absorptiecoëfficiënt. Meestal opperen wij bezwaren tegen de nagalmtijd als vaste norm omdat die afhangt van de grootte van de ruimte. Maar omdat de grootte van schoollokalen in het basisonderwijs nauwelijks varieert, vervalt dat bezwaar. De nagalmtijd kwam in tabel 1 uit op 0.40 s. Dat is berekend voor een klas met kinderen en meubilair. Tabel 2 geeft dezelfde klas in lege staat, dus ook zonder boekenkasten. De gemiddelde absorptiecoëfficiënt is gedaald van 35% naar 22%; de nagalmtijd stijgt van 0.40 tot 0.64 s.

Tabel 2: Het schoollokaal van $8 \times 6 \times 3.25 \text{ m}^3$ uit tabel 1, maar nu in lege staat.

| | oppervlak | absorptie-coëfficiënt | absorberend oppervlak |
|---------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | [m^2] | [-] | [m^2] |
| vloer | 48 | 0.05 | 2.4 |
| plafond | 48 | 0.70 | 33.6 |
| lange wand glas | 26 | 0.05 | 1.3 |
| lange wand kaal | 26 | 0.05 | 1.3 |
| korte wand met bord | 20 | 0.05 | 1.0 |
| korte wand kaal | 20 | 0.05 | 1.0 |
| | | | |
| totaal oppervlak | 187 | | 40 |
| | Volume [m^3] | | 156 |
| | gemiddelde absorptiecoëfficiënt [-] | | $41/187 = 0.22$ |
| | nagalmtijd [s] | | 0.64 |

Het ligt dus voor de hand om een nagalmtijd van 0.6 à 0.7 s voor te schrijven als maximale nagalmtijd in een leeg klaslokaal (dus zonder meubilair). In de praktijk wordt nog wel eens een langere nagalmtijd van 0.8 in het bestek opgenomen. Als die waarde is bedoeld voor een meting in een lege klas zonder kinderen is dat net een aanvaardbare waarde, maar de meubilering (open kasten vooral) moet dan wel aan de absorptie en verstrooiing meewerken. Een nagalmtijd van 1 s zoals die tot voor kort in het Bouwbesluit stond is absoluut te lang [9]. De foto’s illustreren *ongeveer* hoe de nagalmtijd kan worden bereikt.

7 Met een volume van ongeveer 150 m^3 . Voor grotere lokalen is meer vereist.

8 In de zeventiger jaren waren absorberende (beton)stenen in de mode. Die deden het akoestisch voortreffelijk totdat ze in een volgende modegolf wit werden geverfd.

9 Deze tekst is geschreven in 2008. In 2012 is de eerste versie gepubliceerd van de brochure “Frisse Scholen”; hier is vooral de herziening van 2015 van belang. Daarin worden drie maximale nagalmtijden genoemd: 0.8, 0.6 en 0.4 s voor respectievelijk de situaties “redelijk”, “goed” en “zeer goed”. Zij gelden voor een “ingerichte groepsruimte”, dus met meubilair e.d. maar zonder leerlingen.

“Frisse Scholen”, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2015.



Foto 1: Dit leslokaal voldeed aan het toenmalige bouwbesluit waarin een nagalmtijd van 1.0 s was vastgelegd. Er is gebruik gemaakt van geperforeerde gipsplaten met glaswol aan de achterzijde; zie de panelen met de aluminium rand. De hoeveelheid absorptie bedekte lang niet het gehele plafond, maar dat was ook niet nodig om de eis van het bouwbesluit te halen. Maar omdat die eis niet deugde ontstonden klachten van de leerkrachten. Daarna is extra absorptie toegevoegd (de panelen met een houten rand) [10].



Foto 2: De basis van de akoestiek van een schoollokaal is een fikse hoeveelheid absorptie. Een goede spraakverstaanbaarheid wordt bereikt met een absorberend oppervlak ter grootte van het plafondoppervlak. Maar dan moeten er wel absorberende leerlingen aanwezig zijn. In de getoonde situatie is wel degelijk een enigszins storende galm hoorbaar doordat de evenwijdige wanden tot een "horizontaal galmveld" leiden. Daardoor is ook wat flutter hoorbaar.

10 In webpagina C.2 staat een kopie van de foto's 1 en 4.

Let ook op de suskasten tussen het lokaal en de gang. Om te kunnen ventileren zijn openingen nodig naar de gang.

Oorspronkelijk waren dat simpelweg spleten in het glas van de bovenlichten waardoor ieder geluid van de gang in de lokalen doordrong. Later zijn alsnog suskasten aangebracht.



Foto 3: Of veel meubilair en kasten het beeld verfraaien staat ter discussie. Maar de nagalmtijd wordt nog wel degelijk verlaagd t.o.v. de voorgaande foto doordat het geluid wordt verstrooid en de open kasten ook nog wat absorptie toevoegen. Op een paar meter afstand van een spreker is de spraakverstaanbaarheid "uitstekend"; achter in de klas vinden we in dit soort situaties een spraakverstaanbaarheid op de grens van "goed" en uitstekend.

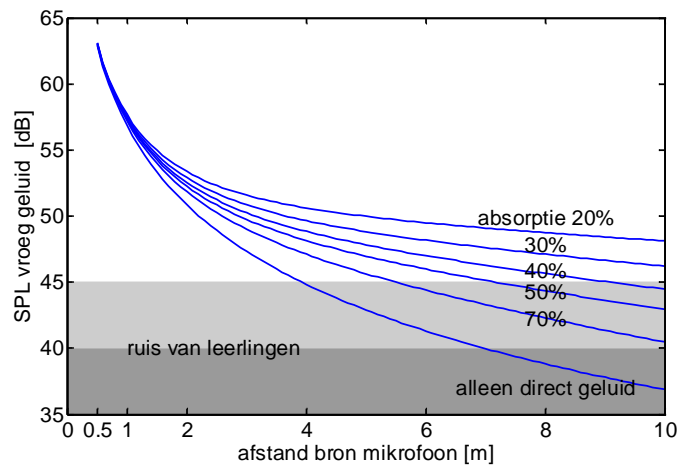


Foto 4: In sommige schoollokalen wordt het plafond ook benut voor verwarming en/of koeling. Een gesloten systeemplafond is dan onmogelijk. Nog steeds is een hoeveelheid absorptie ter grootte van het plafond het startpunt van het ontwerp, maar de geluidabsorptie zal dan op de wanden moeten worden aangebracht.

Les in een geluiddode kamer?

Als er een minimum is aan de hoeveelheid absorptie, zou men dus mogen verwachten dat een geluiddode kamer de ideale plaats is om les te geven. Aan de hand van figuur 5 wordt uitgelegd waarom er, behalve een minimum, ook een maximum is aan de gemiddelde absorptiecoëfficiënt.

De figuur toont een curve "alleen direct geluid" die bij maximale absorptie (dus 100%) zou worden gevonden. Het niveau daalt van 57 dB op 1 m tot 39 dB op 7 m afstand. Op zich is dat wellicht al lastig. Het is mogelijk dat een leerkracht tegen iemand op de eerste rij vrij zacht spreekt, waardoor de achterste rijen het nauwelijks verstaan. Een vlakker verlopende curve is wellicht nastrevenswaardig, maar anderzijds zijn ons geen resultaten bekend van dit soort onderzoek.



Figuur 5: De sterkte van het vroege geluid bij verschillende waarden van de absorptie, en in relatie tot de ruis in het schoollokaal.

Wel onderzocht is de aanwezigheid van ruis in lokalen die wordt veroorzaakt door de leerlingen zelf. Er wordt altijd wel geschuifeld met voeten, geademd, geritseld met papier, enz. Dat veroorzaakt meestal een ruisniveau ergens tussen 40 en 45 dB. Ook dat staat uitgezet als grijze zones in figuur 5.

De figuur toont ook vijf curven van de sterkte van het vroege geluid indien de absorptiecoëfficiënt afneemt van 70% naar 20%. Die curven lopen vlakker dan het directe geluid en met name de curven van 30% en 20% liggen boven het ruisniveau. Aangevoerd kan worden (zie nogmaals webpagina B.23.1) dat 30% de minimale absorptiecoëfficiënt vormt en dat het maximum ongeveer bij 40% ligt. Dit is inclusief absorptie door kinderen en meubilair [11]. Omgerekend in een nagalmtijd komt dat neer op waarden tussen 0.5 en 0.7 s voor een leeg (ook zonder meubilair en kasten) klaslokaal.

Soms dringt in een klaslokaal ook ruis van buiten door. Het moge duidelijk zijn dat een extern ruisniveau boven 35 dB schadelijk is voor de spraakverstaanbaarheid. Figuur 5 zou dan de indruk kunnen wekken dat de absorptie beter verlaagd kan worden. Dat is echter niet het geval omdat dan ook het geluidniveau van de binnendringende ruis hoger wordt.

Stemverheffing van de leerkracht

Alle geluidniveaus (SPL) uit de figuren 1 t/m 5 zijn berekend voor een leerkracht op conversatie-sterkte. Als de leerkracht 6 dB harder zou spreken, gaan alle curven 6 dB omhoog. Maar harder spreken helpt *niet* om de spraakverstaanbaarheid (U_{50} in de figuren 2 en 3) te vergroten; de onderlinge verhoudingen tussen direct, vroeg en laat geluid blijven precies hetzelfde en de gewenste waarde van 35% absorptie blijft onverkort gelden. Stemverheffing helpt *wel* om de spraakverstaanbaarheid te vergroten indien er ruis van kinderen of externe ruis aanwezig is. In figuur 5 stijgen de curven, maar blijven de grijze gebieden op hun plaats. Het is, gezien de heersende ruisniveaus, dan ook wenselijk en gebruikelijk in een klaslokaal dat een leerkracht 3 tot 6 dB harder spreekt dan "conversatieniveau" [12].

11 In het onderzoek is ook meegenomen dat het ruisniveau daalt indien de absorptie toeneemt. Dat blijft hier verder onbesproken.

12 Er zijn in de literatuur stemverheffingen gemeten tot wel 15 dB. Dat begint op schreeuwen te lijken. Soms is dat nodig omdat bijvoorbeeld veel verkeersgeluid binnen dringt, maar er zijn wel degelijk leerkrachten die luider spreken dan noodzakelijk. Zolang hun stemapparaat daar tegen kan is er niets op tegen, maar er komen ook leerkrachten bij de logopedist(e) terecht. Shield, B. & A. Carey, "Measurement of teacher's voice levels in primary school classrooms", Int. Congress on Acoustics, Madrid, 2007.

Overigens staat in webpagina B.23.1 een voorbeeld om aan te tonen dat schreeuwen nauwelijks helpt. Een ophoging van de vocale output van een leerkracht met 14 dB levert een winst in spraakverstaanbaarheid van slechts 2 dB.