



Akoestiek in Moderne Onderwijsgebouwen

**Over pedagogische trends, ruimte akoestiek,
gezondheid leraren en gedrag leerlingen**



Akoestiek in Moderne Onderwijsgebouwen over pedagogische trends, ruimte akoestiek, gezondheid leraren en gedrag leerlingen



Door Dr. Markus Oberdörster, Ecophon Duitsland en Dr. Gerhart Tiesler, Instituut voor interdisciplinaire onderwijsonderzoek van de Universiteit van Bremen, Duitsland

1. Schoollawaai – de stand van zaken

Scholen worden de laatste jaren steeds lawaaiiger. Het aantal klachten over lawaai neemt dan ook toe. Zo gaf in 1999 een studie van het ISF (Instituut voor Interdisciplinair Onderwijsonderzoek van de Universiteit van Bremen), onder 1200 deelnemende leraren, een zeer duidelijk beeld over de stressfactoren op hun werkplek. Meer dan 80% van de ondervraagde leraren gaven aan

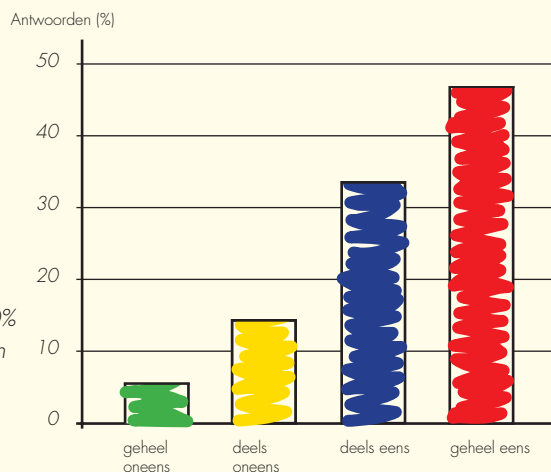
dat het lawaai veroorzaakt door leerlingen zorgt voor stress. Een jaar later gaf het Federale Instituut voor Arbeidsomstandigheden in Duitsland (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) de opdracht voor het tot op heden meest uitgebreide onderzoeksproject "Lawaai in onderwijsgebouwen". Waarnemingen van meer dan 570 lesuren toonden een gemiddeld **geluidniveau van ca. 65 dB(A)**. Communicatie wordt bij deze hoge waarden ernstig bemoeilijkt of in veel gevallen zelfs onmogelijk. Het

gemeten geluidniveau bestaat niet alleen uit ongewenst geluid, omdat bijvoorbeeld de stem van de leraar en gewenste spraak van de leerling in de meting is meegenomen. Het totale geluidniveau in het klaslokaal wordt door meerdere factoren dan alleen het tweerichtingsverkeer in het onderwijs veroorzaakt. Zelfs als dit geluidniveau alleen door de leraar wordt veroorzaakt, houdt dit in dat deze gedurende de gehele les met verhoogd stemniveau dient te spreken. Het probleem van lawaai in scholen is daarom zeer complex. Hoe beïnvloedt bijvoorbeeld het algemene geluidniveau in klaslokalen het communicatieproces dat daar plaatsvindt? Hoe is het mogelijk om **storend geluid** en **gewenst geluid** te onderscheiden bij een wetenschappelijke analyse van het onderwijs? Welke gevolgen hebben geluidniveau en een slechte verstaanbaarheid op de prestaties van leerlingen en/of de stress bij leraren? En niet in

de laatste plaats: wat bedoelen leraren eigenlijk als zij klagen over lawaai in het klaslokaal - het gemeten geluidniveau of de verstoring van het onderwijs? Deze onderwerpen resulteerden in 2005 tot de meest recente studie van het ISF over "**Akoestische ergonomie van de school**". Gebaseerd op 175 lesuren werd in de eerste fase het effect van verschillende onderwijsmethoden (klassikaal onderwijs versus groepsgericht onderwijs) op het basis-* en werkgeluidniveau** in het klaslokaal onderzocht. De tweede fase bevat een onderzoek hoe een **gewijzigde ruimteakoestiek** (nagalmtijd en spraakverstaanbaarheid) dit geluidniveau voor **de respectievelijke onderwijsmethoden beïnvloedt**. Door een uitgebreide beschrijving van het lesuur was het mogelijk om niet alleen een gemiddeld geluidniveau per lesuur te bepalen, maar direct inzicht

"Ik word gestrest van het lawaai dat leerlingen maken."

ISF studie, 1999: 80% van de leraren klagen over het lawaai van leerlingen



* Basisgeluidniveau: het algemeen basis geluidniveau in een volledig bezet klaslokaal over een bepaalde periode. (LA95 5min)

** Werkgeluidniveau: de geluidniveau parameter die een werksituatie beschrijft. (LAeq 5min)

te krijgen in de onderwijsfasen, die door de verschillende onderwijsmethoden bepaald worden. In de derde fase wordt nagegaan in hoeverre de leraar wordt beïnvloed door het werkgeulid gedurende de lessen. **Hoe beïnvloedt ruimte akoestiek de meetbare fysiologische stress van de leraar in relatie tot het huidige lesonderdeel?** Dit soort ergonomische vragen, in relatie tot de huidige pedagogische trends, kunnen in eerste instantie als verrassend ervaren worden. Maar zij leveren een verbazingwekkend inzicht in het fenomeen "schoollawaai", de oorzaken en gevolgen en de relevante akoestische parameters zoals nagalmtijd en spraakverstaanbaarheid.

2. Onderwijs verleden en toekomst - School weerspiegelt pedagogische trends

Het onderwijssysteem in de meeste geïndustrialiseerde landen verandert steeds sneller en niet alleen sinds de onlangs verschenen OESO-rapporten¹⁾. De organisatie van het onderwijs in zijn algemeenheid en **onderwijsmethoden** in het bijzonder zijn de laatste jaren **veel veranderd**. Is lawaai in onderwijsgebouwen een nieuw probleem dat vroeger niet bestond? Een gerechtvaardigde vraag omdat klachten van leraren over lawaai niet voorkomen in de literatuur van het begin van de 20ste eeuw. De "moderne", "leerling-gerichte" en "niet leraargerichte" onderwijsmethoden (bijvoorbeeld partner-, groep- en projectwerk) dat door onderwijskundigen gepromoot

¹⁾ OESO (Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling)/PISA (Programme for International Student Assessment, Learning for Tomorrow's World, First Results from PISA 2003, OECD Publishing, Dec 2004, 478 p, ISBN: 9264007245. (Beschikbaar in Engels, Duits, Frans, Portugees and Spaans) OESO/Centre for Educational Research and Innovation (CERI), Schooling for Tomorrow: Think Scenarios, Rethink Education, OECD Publishing, April 2006, 200 p, ISBN: 926402364X (Beschikbaar in Engels en Frans)



School met hoofdzakelijk gedifferentieerd onderwijs



School met hoofdzakelijk klassikaal onderwijs.

wordt, verlangt in vergelijking met klassikaal onderwijs een totaal ander communicatiescenario in het klaslokaal. Het beeld van de leraar als kennisverspreider vervaagd. Leerlingen moeten nu zelfstandig onderzoeken, afwegen, discussiëren en kennis en kunde vergaren om problemen op te lossen waarmee zij geconfronteerd worden. **Het moderne onderwijs** steunt steeds meer op het gezamenlijk leren en laat meerdere **gelijktijdig sprekende personen in het klaslokaal** toe. Zelfs bij een goed geleid overleg (waar niet altijd aan voldaan wordt) zal het geluidniveau hoger zijn dan bij klassikale instructie. Dit is zeker het geval indien de leraar de orde in het klaslokaal strikt handhaaft. In de huidige onderwijspraktijk vinden we mengvormen van klassikaal en gedifferentieerd onderwijs. (Steekwoord: onderwijsgesprek).

De gekozen methoden hangt af van de persoonlijke voorkeur van de leraar en de algemene pedagogische visie van de school. Soms is het al aan de inrichting van het klaslokaal en de opstelling van de meubels te zien welke methoden er in het klaslokaal worden toegepast. Snelle analyses, welke de veel hogere geluidniveaus in de laatste decennia geheel toeschrijven aan de sociale en pedagogische ontwikkelingen zijn toch te kortzichtig. Zo lieten eerdere onderzoeken al een duidelijke **samenhang zien tussen de ruimteakoestische werkomgeving, het communicatiegedrag en daarmee de ontwikkeling van lawaai in het klaslokaal**. Het is daarom belangrijk te vragen: Wat zijn de randvoorwaarden voor onderwijs in relatie tot moderne pedagogische werkvormen?



De hoeveelheid techniek was alleen in het begin onwennig. Na een paar uur hoorden meetapparatuur en luidsprekers al geheel normaal tot het klaslokaal.

3. Details van lawaai in scholen

Wanneer er in samenhang met onderwijs en scholen sprake is van lawaai, dan verschilt dit zowel kwalitatief als kwantitatief van het lawaai in industriële- als kantooromgevingen. Terwijl het lawaai van machines in het algemeen beschouwd wordt als geluidhinder, **zou het geluidniveau in onderwijs omgevingen beschouwd worden als een zinvol signaal met een sterk wisselende stoorfactor**. Het onderscheid en de beoordeling is afhankelijk van de gebruikte onderwijsmethode. Voorbeeld: wanneer met een verhoogd stemniveau voorgedragen tekst met een spreekniveau van

ongeveer 65 dB(A) zeker als zinvol/gewenst signaal beschouwd zal worden, zal geroezemoes van de leerlingen gedurende stilte werk van 55 dB(A) in de regel wel als stoorgeluid ervaren worden. Een duidelijke toename van het geluidniveau in een klaslokaal, zonder de onderwijssituatie in ogenschouw te nemen, beschrijft het aspect "schoollawaai" maar zeer beperkt. Een onderscheidend criterium voor de beoordeling van "schoollawaai" is de verhouding van zinvol/gewenst signaal en stoorsignaal in het klaslokaal, uitgaande van het communicatieproces in de les. **Voor een volwassene moet het gewenste signaal in het algemeen**

ongeveer 9 dB sterker zijn dan het stoorgeluid om een bijna foutloze spraakverstaanbaarheid te kunnen bereiken. Omdat een normaal spreekvolume van een volwassene rond de 50 tot 55 dB(A) ligt, dient het stoor niveau beneden de 40 dB(A) te liggen. Zelfs in periodes met stilte werkt licht het geluidniveau in scholen zelden onder de 50 dB(A), dat wil zeggen dat leraren meestal met verhoogd stemniveau moeten spreken om informatie aan de leerlingen door te geven. Bovendien blijkt uit vakliteratuur dat basisschoolkinderen het "horen en verstaan" nog moeten leren omdat hun akoestische geheugen, dat hiervoor nodig is, nog verder ontwikkeld moet worden. **Jonge toehoorders hebben daarom een gewenst signaal nodig dat 15 dB boven het stoorsignaal ligt.** Een

extra moeilijkheid is het feit dat het stoorgeluid gelijkmatig over het klaslokaal verdeeld is, terwijl de stem van de leraar vanuit één plek uitgezonden wordt en – afhankelijk van de afmeting van het lokaal en de positie van de leraar – een afstand tot 6 meter moet afleggen om de leerling op de achterste rij te bereiken. Bij onveranderd achtergrondgeluid houdt dit een toegenomen stembelasting van de leerkracht in, wat op den duur gevolgen heeft voor de gezondheid, of een gestoorde informatiestroom naar leerlingen die verderweg zitten, resulterend in een negatief effect op hun leerprestaties. Bij de moderne gedifferentieerde onderwijsvormen komt er nog een aspect bij. Bevinden zich namelijk meerdere gelijktijdig sprekende werkgroepen



In meer dan 570 lessen werd niet alleen het geluidniveau gemeten, maar ook de activiteiten in het klaslokaal, zoals onderwijsmethode of spraakaan-deel per seconde werd genoteerd.

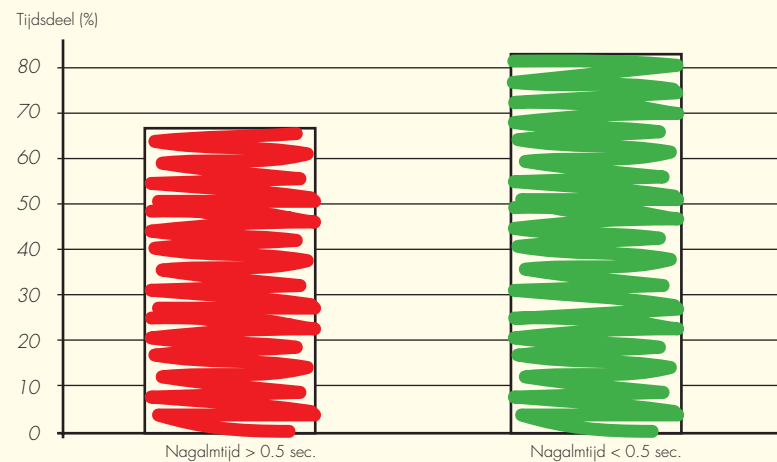
in de ruimte, dan **wordt het signaal van de ene groep een stoorsignaal voor de andere groepen.** Dit leidt tot een negatieve kettingreactie. De andere groepen zullen hun slechtere spraakverstaanbaarheid willen compenseren door hun stem te verheffen, wat wederom tot een verhoogd stoorgeluidniveau leidt en zo verder. Het geluidniveau in het klaslokaal zal daarom geleidelijk stijgen, ondanks dat het aantal personen gelijk blijft. Een fenomeen dat in de akoestische wereld bekend staat als het Lombard effect.

4. "Akoestische Ergonomie" – lawaai in scholen en gezondheid van leraren

Ruimteakoestiek is in het bijzonder van belang in het moderne onderwijs. Korte nagalmtijden zorgen voor een duidelijk spraaksignaal (met name voor medeklinkers) en personen kunnen met een lagere signaal/ruis verhouding communiceren. De studie Akoestische Ergonomie in Scholen (2005) laat zien dat de opbouw van geluid aanzienlijk minder is of zelfs helemaal niet voorkomt in klaslokalen met een goede akoestiek. In tegendeel:

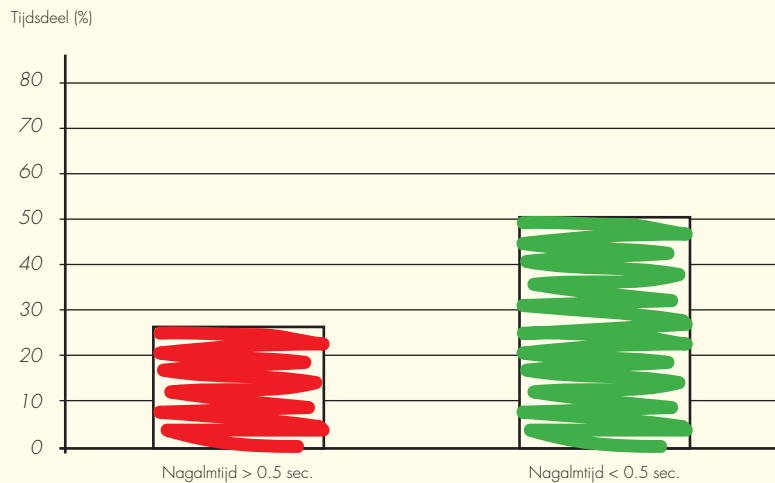
onder optimale condities lag het gemeten geluidniveau gedurende zelfstandig werken door de leerlingen zelfs onder het niveau van klassikaal lesgeven. *In totaal lag het basis geluidniveau in klaslokalen met een nagalmtijd van minder dan 0,5 seconde 8 dB lager dan in klaslokalen met een nagalmtijd tussen de 0,6 en 0,8 seconde.*

Aandeel rustige onderwijsperiodes - totaal



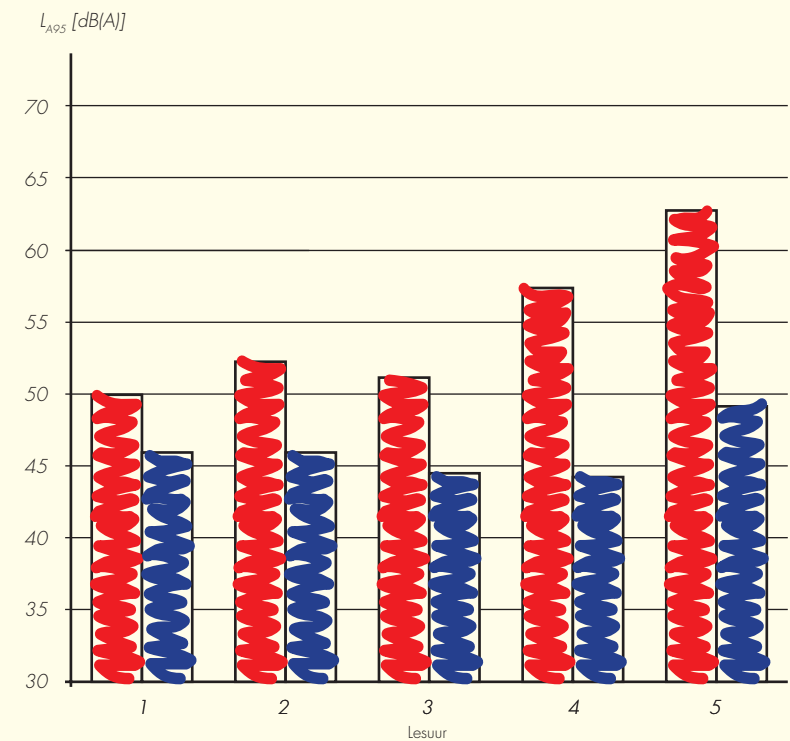
Onder de akoestisch betere omstandigheden lag het aandeel "rustige" onderwijsperiodes boven de 80%, onder de akoestisch matige omstandigheden bij ca. 67% gerelateerd aan een gemiddeld spreekniveau van een volwassene – ca. 62 dB(A) – als normaal in onderwijsgesprekken.

Aandeel rustige onderwijsperiodes - gedifferentieerd onderwijs



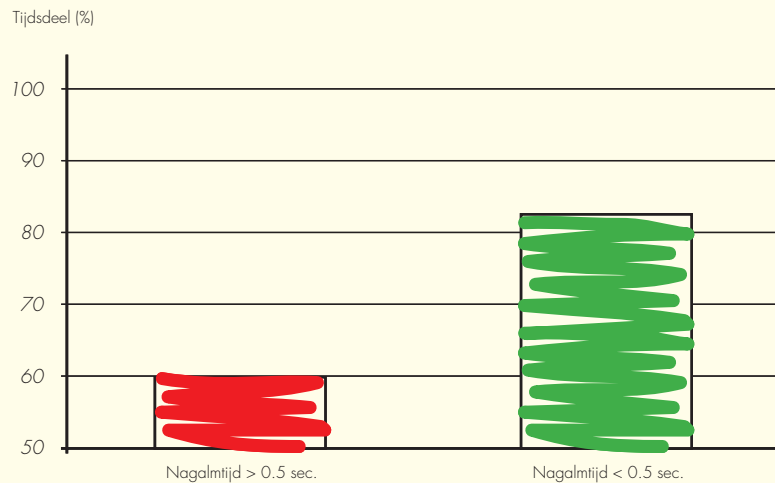
Nog duidelijker is de verandering wanneer in de klas met gedifferentieerde onderwijsvormen gewerkt wordt. Hier verdubbelt het aandeel van rustige periodes! (Weer gerelateerd aan het gemiddelde spreekniveau van een volwassene (ca. 62 dB(A) als normaal in onderwijsgesprekken). Een duidelijke aanwijzing dat het Lombart-effect achterwege blijft bij partner- groep of projectwerk. Het verschil in geluidniveau tussen de akoestisch goede en slechte ruimtes bedraagt gedurende deze werkvormen meer dan 13 dB!

Ontwikkeling van het geluidniveau gedurende de ochtend.



Door een nauwkeurig vergelijk van de onderwijssituaties werd een volgend belangrijk aspect zichtbaar. De normale stijging van het geluidniveau gedurende de schooldag (rood) bleef in de klaslokalen met een kortere nagalmtijd (< 0,5 sec) uit (blauw). Dit heeft een enorm gevolg voor het onderwijsproces en levert een eerste aanwijzing op van de fysiologische reacties op de akoestische werkomgeving.

Onderwijsperiodes met beperkte stress.



In feite vermindert door de positieve effecten van een goede ruimte akoestiek ook de werkgerelateerde stress van de leraar. Na een akoestische aanpassing had één en dezelfde leraar duidelijk minder werkgerelateerde stress gedurende een groter deel van de les. Nader onderzoek toont ook aan dat de leraar minder gevoelig werd voor lawaai dat stress veroorzaakt en daardoor duidelijk meer ontspannen kon werken. Het is overduidelijk dat het akoestisch ontwerp van het klaslokaal een ergonomische dimensie heeft. Het beïnvloedt direct werkgerelateerde stress, activering en vermoeidheid van de personen die lesgeven (en leren) in deze gebouwen.

5. Consequenties en vooruitblik

Met een verandering in onderwijskundige benaderingen, een gestage groei van

gedifferentieerd onderwijs en een overeenkomstige daling van het klassikaal onderwijs, kan het nodig zijn om het schoolgebouw opnieuw te beoordelen, ondanks

dat het al vele jaren goed heeft gefunctioneerd. **Nieuwe onderwijsvormen stellen andere eisen aan de ergonomische basiscondities.** Het is absurd om te veronderstellen dat de leraren zelf geen invloed hebben op het geluidniveau in hun klaslokalen. Natuurlijk hebben zij deze – en zij moeten deze invloed ook gebruiken. Dit onderwerp is uitgebreid behandeld in het onderzoeksrapport “Lawaai in onderwijsgebouwen” (2004). Deze studie laat ook de te verwachten geluidniveauvermindering zien door direct ingrijpen van de leraar: ongeveer 2 dB. Gelijktijd waren er toch, bij vergelijkbare akoestische omstandigheden en vergelijkbare sociaaleconomische achtergrond van de leerlingen, te vergelijken grote verschillen (5 tot 6 dB) in geluidniveaus van verschillende scholen. De samenhang was eenvoudig herkenbaar. Alleen rustig waren die scholen waar de leraren een algemeen geaccepteerd onderwijsconcept volgen. In scholen waar dezelfde regels gelden in

alle klaslokalen, gedurende de lessen en in alle verschillende ruimtes van de school en waar de kinderen dezelfde reactie van alle leraren kunnen verwachten indien zij zich niet aan de regels houden, zijn de geluidniveaus gemeten over een langere periode lager. Het recept is even simpel als effectief. Het enige vereiste is dat het personeel als team werkt en consistent is. **De organisatie van de school en de persoonlijke bijdrage van de individuele leraren zijn wezenlijke factoren in het efficiënt verminderen van lawaai in scholen.** De ergonomische condities leveren daarbij het noodzakelijke kader voor de pedagogische activiteiten gedurende de schooldag. Geen van de twee aspecten kunnen elkaar vervangen of tegen elkaar uitgespeeld worden. Zij zijn onafhankelijk van elkaar en moeten met elkaar samenwerken voor een goed functionerend onderwijsproces met moderne pedagogische communicatie .

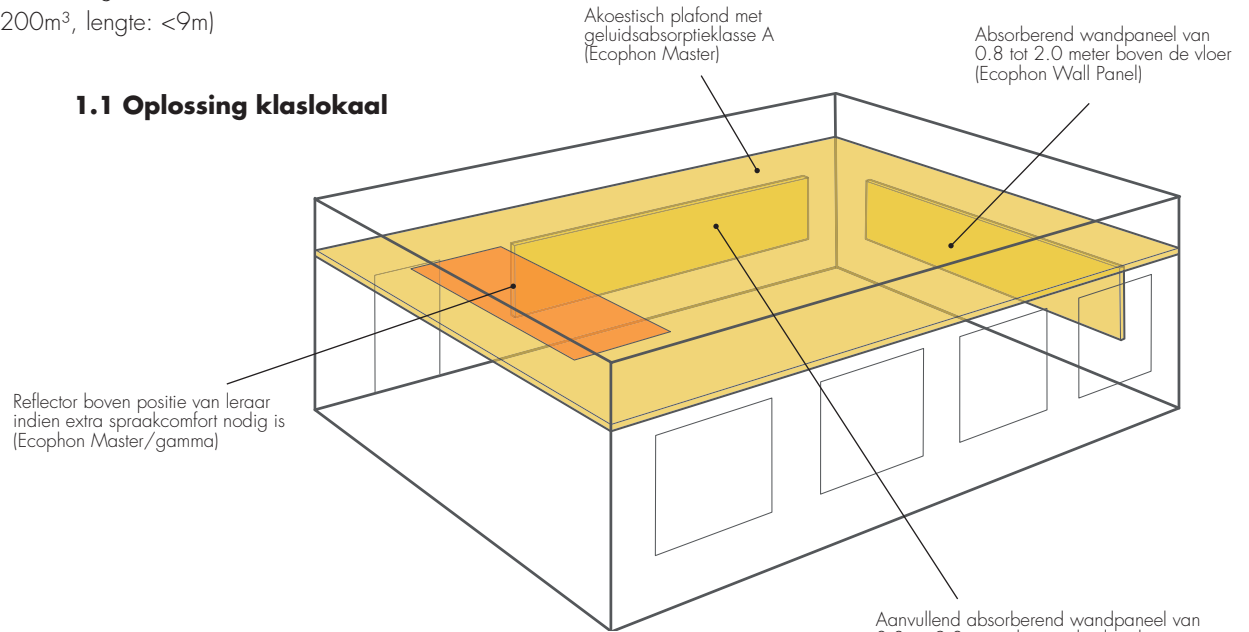
Het trotse team van de "wetenschappelijke medewerkers" na het succesvol meten van de akoestiek in hun klaslokaal.



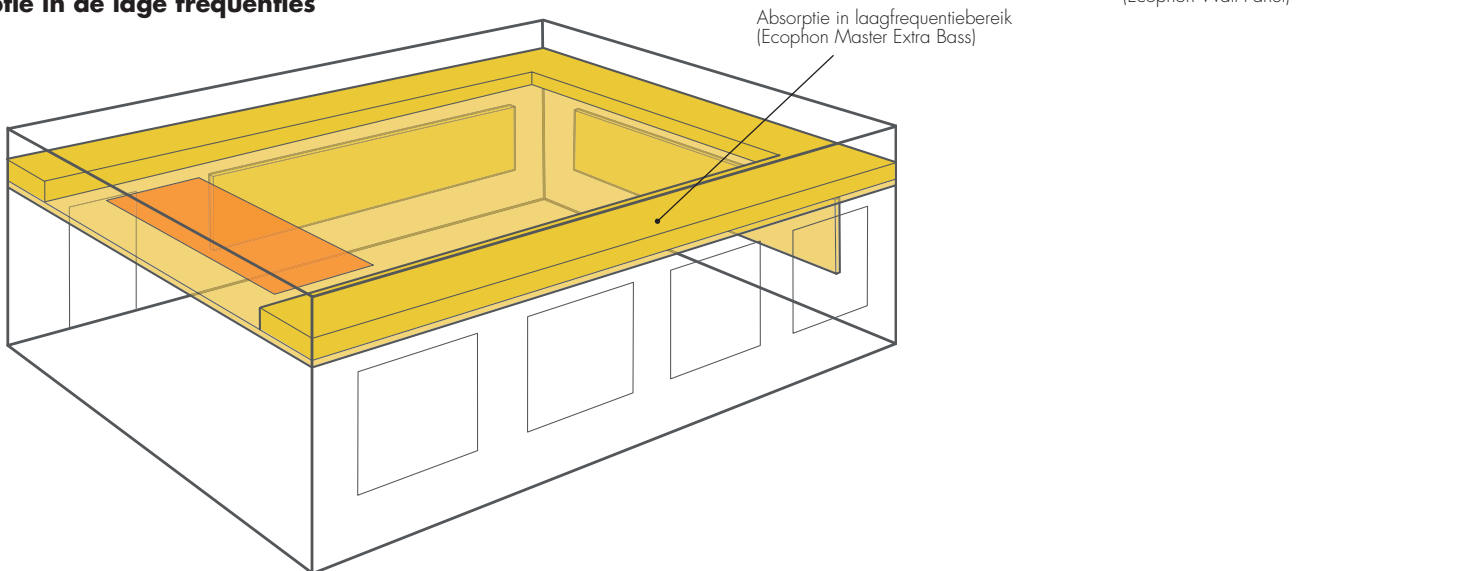
Oplossing Klaslokaal

Aanbevelingen voor een standaard afmeting klaslokaal
(oppervlakte: <math><100\text{m}^2</math>, volume <math><200\text{m}^3</math>, lengte: <math><9\text{m}</math>)

1.1 Oplossing klaslookaal



1.2 Oplossing klaslookaal met absorptie in de lage frequenties



Woordenlijst

Akoestiek Geluidleer.

Algemeen gezegd betekent het ook hoe geluid in een ruimte wordt ervaren.

Nagalmtijd, (T)

De tijd tussen het uitschakelen van een geluidbron en het moment dat het geluidniveau met 60 dB is gedaald. Door het meten van de nagalmtijd kan men de totale geluidabsorptie van de ruimte berekenen. De nagalmtijd varieert met de frequentie.

Geluiddrukniveau (dB)

De variaties die geluidgolven in de lucht veroorzaken, worden geluiddruk genoemd. De laagste druk die wij kunnen horen is 0 dB en wordt gehoordrempel genoemd. De hoogste geluiddruk die wij kunnen verdragen wordt de pijngrens genoemd en ligt op circa 120 dB.

Spraakverstaanbaarheid

De spraakverstaanbaarheid is direct afhankelijk van het achtergrondgeluidniveau, de nagalmtijd en de vorm van de ruimte. Verschillende methoden worden gebruikt om de spraakverstaanbaarheid te evalueren zoals RASTI, STI and %ALcons.

Lombard effect

Het Lombard effect is de tendens om harder te gaan spreken in een lawaaiige omgeving.

Klachten over geluid in onderwijsgebouwen was de reden om meer inzicht te krijgen in oorzaak en gevolg van "schoollawaai". Deze interdisciplinaire studie onderzoekt verschillende pedagogische methoden en geluidniveaus in het klaslokaal. Bovendien wordt er gekeken naar het effect van een verbeterde ruimteakoestiek op geluidniveau en de werkbelasting en vermoeidheid van leraren.

Deze publicatie is een aanvulling op het boek "Laat je zintuigen niet beperken" Geluid en de Leeromgeving, Saint-Gobain Ecophon, ISBN 91-974193-3-8 gepubliceerd in 2002.



Ecophon[®]
AKOESTISCHE PLAFONDS