

Barry Blesser and Linda-Ruth Salter

Aural Architecture: The Invisible Experience of Space

From the point of view of the beholder, space is a sensory experience. We fuse the information from eyes, ears, nose and skin to form a composite awareness of a place, thus experiencing sensory architecture. By using our senses, we identify the place and identify what is occurring there. Further, we formulate a valuation of our experience in that space, and by extension, of the space itself. Aural architecture, which explores the interaction between our auditory sense and the natural and built environment, concerns the experience of sounds that have been changed by the physical properties of a space. All sound exists in a space; there is no spaceless sound. The meanings ascribed to aural architecture and the uses we make of what we hear in space are filtered through cultural biases and personal cognitive processes.¹ People respond to the composite of sound and acoustics even without the ability to articulate the origin of their response. Although aural architecture is a new discipline that makes explicit our response to sound in space, it is built from fragmentary knowledge that

has existed for a long time in numerous related disciplines.²

One way of understanding aural architecture is to compare it to visual architecture. Although we often use the language of visual architecture to explore aural experience, we must be wary of assuming that the same words mean the same things. Finally, we must remember that each form of sensory architecture is neither 'better' nor 'worse' than the others in expressing the nature of a space; the senses provide complimentary aspects of space, and ignoring one sense in favour of another decreases our abilities to appreciate and design spaces that are both functional and worth experiencing.

Although vision allows us to perceive a static environment without people or activities, hearing depends upon dynamic events created by man or nature. As a consequence, hearing is an important means by which we are connected to such events. A shoe hitting a hard floor signals the approach of someone; whistling a cheerful tune broadcasts emotional comfort; a heated dialog radiates interpersonal

1 Attitudes towards the senses depend on culture. The Hausa people, for example, recognise only two senses: seeing and experiencing, which itself encompasses intuition, emotion, smell, touch, taste and sound. Vision is used primarily for avoiding obstacles. In Ian Ritchie, 'Fusion of the faculties: a study of the language of the senses in Hausaland', in: David Howes (ed.), *The Varieties of Sensor Experience* (Toronto: University of Toronto Press, 1991).

2 This article presents highlights from our book, Barry Blesser and Linda Salter, *Spaces Speak, Are You Listening? Experiencing Aural Architecture* (Cambridge, MA: MIT Press, 2007).

Barry Blesser en Linda-Ruth Salter

Auditieve architectuur: de onzichtbare ervaring van de ruimte

Vanuit het perspectief van de beschouwer is ruimte een zintuiglijke ervaring. We verzamelen informatie via onze ogen, oren, neus en tastzin en stellen aldus een bewustzijn van een plek samen, en zo ervaren we ook sensorische architectuur. Door onze zintuigen te gebruiken, identificeren we de plek en wat er daar gebeurt. Verder geven we een oordeel over onze ervaring in die ruimte, en van daaruit over de ruimte zelf. Auditieve architectuur, die de wisselwerking onderzoekt tussen ons gehoor en de natuurlijke en gebouwde omgeving, houdt zich bezig met de ervaring dat geluid door de fysieke eigenschappen van een ruimte verandert. Alle geluid bestaat in een ruimte; er bestaat geen ruimteloos geluid. De betekenis die we aan auditieve architectuur toeschrijven en het gebruik dat we maken van wat we in de ruimte horen, wordt gefilterd door culturele invloeden en persoonlijke cognitieve processen.¹ Mensen reageren op het samenstel van geluid en akoestiek, zelfs zonder de oorsprong van hun reactie onder woorden te kunnen brengen. Hoewel auditieve architectuur een nieuwe discipline is die onze reactie op geluid in de ruimte

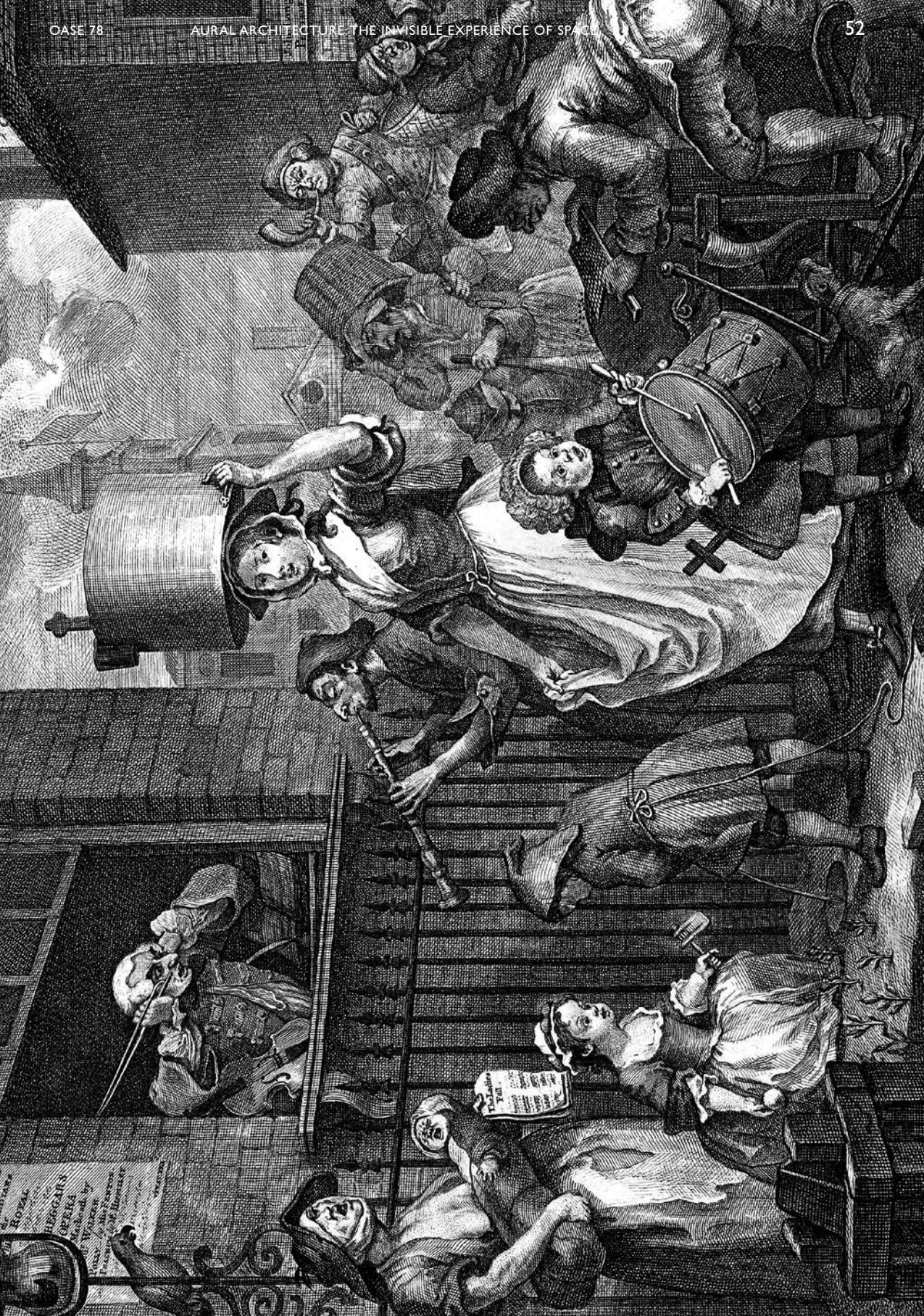
beschrijft, is deze opgebouwd uit fragmentarische kennis die allang in talloze gerelateerde disciplines bestond.²

Eén manier om auditieve architectuur te begrijpen, is via de vergelijking met visuele architectuur. Hoewel we dikwijls de taal van de visuele architectuur gebruiken om auditieve ervaringen te onderzoeken, moeten we oppassen met de veronderstelling dat dezelfde woorden ook hetzelfde betekenen. Ten slotte moeten we niet vergeten dat geen enkele vorm van sensorische architectuur 'beter' of 'slechter' is dan welke andere vorm waarmee de aard van een ruimte wordt uitgedrukt; de diverse zintuigen leveren complementaire aspecten van de ruimte op, en als we het ene zintuig negeren ten gunste van het andere zal dit ons vermogen verminderen om ruimtes te begrijpen en te ontwerpen die zowel functioneel zijn als waard om ervaren te worden.

Hoewel het gezicht ons in staat stelt om een statische omgeving zonder mensen of activiteiten waar te nemen, berust het gehoor op een dynamische, door de mens of de natuur geproduceerde gebeurtenis. Het gehoor, als een consequentie hiervan, is een

1 Hoe men tegen de zintuigen aankijkt is cultureel bepaald. Zo onderkennen de Hausa slechts twee zintuigen: zien en ervaren, waarbij onder het laatste zaken als intuïtie, emotie, reuk, gevoel, smaak en geluid vallen. Het gezicht wordt voornamelijk gebruikt om obstakels te vermijden. Zie Ian Ritchie, 'Fusion of the faculties: a study of the language of the senses in Hausaland', in: David Howes (red.), *The Varieties of Sensory Experience*, Toronto 1991.

2 Dit artikel geeft de belangrijkste punten weer uit ons boek: Barry Blesser en Linda Salter, *Spaces Speak, Are You Listening? Experiencing Aural Architecture*, Cambridge, MA, 2007.



belangrijk middel om ons met dergelijke gebeurtenissen te verbinden. Het tikkende geluid van een schoen op een harde vloer maakt duidelijk dat er iemand aankomt, het fluiten van een vrolijk deuntje brengt ontspannenheid over, een verhitte dialoog straalt een onderling conflict uit en het geluid van een loeiende sirene waarschuwt voor gevaar. Een geluidsgebeurtenis kan zowel opzettelijk als onopzettelijk zijn. Het kan direct gerelateerd zijn aan het doel waarmee iemand naar die ruimte is gekomen, of het kan bijkomstig zijn en ervaren worden als omgevingsgeluid, of als herrie wanneer het onaangenaam klinkt.

Door onze aandacht te vestigen op menselijke gebeurtenissen verbindt geluid ons met anderen. Het schept, bepaalt en ondersteunt de totstandkoming van menselijke gemeenschap en staat dus centraal bij het bereiken van sociale cohesie. Alain Corbin toonde in zijn studie over klokken op het negentiende-eeuwse Franse platteland aan dat eigenwaarde, emotioneel welbevinden, trots op de woonplaats en streek-eigen identiteit alle afhingen van het horen luiden van de plaatselijke klokken.³ Omdat het gebied waarbinnen de klokken te horen waren de 'invloedsfeer' van de stad aangaf, bepaalden de geologische omstandigheden die speelden bij de voortplanting van het geluid welke regionen men tot de gemeente kon rekenen. Geluid plant zich het verst in de dalen voort, die fungeren als akoestische golfgeleiders, en het minst ver over de bergen, die akoestische schaduwen werpen. Aldus bepaalde de natuurlijke akoestische geografie het gevoel van burgerschap; de natuur leverde een gigantische bijdrage aan de auditieve architectuur.

Geluidsgolven hebben unieke eigenschappen. Geluid stroomt om obstakels heen en komt zonder toestemming binnen. Omdat het gehoor altijd actief is – we hebben immers geen 'oorleden' en kunnen ons ook niet op een vrijwillig gekozen punt concentreren – worden luisteraars onvrijwillig blootgesteld aan de sonische gebeurtenissen die hoorbaar zijn.

Ruimtelijke akoestiek kan de hoorbaarheid van sonische gebeurtenissen sterk beïnvloeden. Geluid kan via een opening ergens binnendringen, zich middels weerkaatsing door zo'n hele ruimte verspreiden

en via de constructie worden doorgegeven. Aan de ene kant kunnen visueel aparte ruimtes auditief worden samengevoegd. Aan de andere kant kan een sterke geluidsabsorptie voor diverse 'geluidsarena's' zorgen, die elk ruimte bieden aan een aparte, eigen gebeurtenis. In deze twee gevallen komen auditieve arena's niet overeen met onze visuele voorstelling van de ruimte. Om het verschil tussen auditieve en visuele ruimtes nog verder te illustreren, kunnen we ons voorstellen dat er in een grote ruimte een geheel afgesloten glazen kooi staat, en daarnaast nog zo'n kooi maar dan gemaakt van zwart textiel. De glazen afscheiding creëert één enkele visuele arena, maar omdat deze geen geluid doorlaat, krijg je twee auditieve arena's. Omgekeerd dient het zwarte textiel als een begrenzing van de blik waardoor er twee visuele ruimtes worden gecreëerd, maar omdat het geluid er wel doorheen dringt is er hier sprake van slechts één auditieve arena. Visuele grenzen hoeven niet sonisch doorlaatbaar te zijn, en auditieve grenzen kunnen op hun beurt onzichtbaar zijn.

Ruimtelijke akoestiek kan het karakter van een geluidsgebeurtenis veranderen. Zo heeft het horen van een vioolsolo in een concertzaal een andere emotionele uitwerking dan in een voetbalstadion. Bepaalde geluidscombinaties worden met bepaalde locaties geassocieerd: verkeer vind je in drukke straten, terwijl kindergelach en -geschreeuw bij een speelplaats hoort. De vaste combinatie van een bepaalde geluidsbron met zijn ruimtelijke akoestiek, die een luisteraar in zich opneemt, wordt *soundscape* ('geluidslandschap') genoemd.

Hoewel direct aan elkaar gerelateerd, leggen fysieke akoestiek en auditieve architectuur elk zeer verschillende accenten. De eerste maakt gebruik van een wetenschappelijke taal om te beschrijven hoe ruimtelijke akoestiek de eigenschappen van geluidsgolven verandert, terwijl de laatste zich bezighoudt met de ervaringen en gedragingen van aanwezigen in een ruimte. De ene benadrukt het zuivere meten en in modellen onderbrengen, terwijl de andere een complex interactief fenomeen onderzoekt. Hoewel onze kennis van de fysieke akoestiek in afgesloten ruimtes in de twintigste eeuw enorm is toegenomen, en

<
William Hogarth,
The enraged musician,
1741

3
Alain Corbin, *Village
Bells. Sound and Meaning
in the 19th-Century
French Countryside*,
New York 1998.

conflict; and the sound of a wailing siren warns of danger. Events can be intentional or unintentional. They can be directly related to the purpose which brought an individual to that space, or they can be ancillary and experienced as ambient sound, or if unpleasant, as noise.

By bringing human events to our notice, sound connects us to others. It creates, defines and supports the formation of human community and thus is central for achieving social cohesion. In his study of bells in the nineteenth-century French countryside, Alain Corbin showed that self-esteem, emotional well-being, civic pride and territorial identity all depended on hearing the town bells.³ Because the area over which the sound of the bells could be heard determined the scope of the town, those geological formations that would support sound propagation determined which regions could be absorbed into the township. Sound propagates farthest in valleys, which act like acoustic waveguides, and least over mountains, which cast acoustic shadows. In this way, nature's acoustic geography determined citizenship; nature participated in aural architecture on a grand scale.

Sound waves have unique properties. Sound flows around obstacles, entering without permission. Because hearing is always active without 'earlids' or a voluntary point of focus, listeners are involuntarily connected to those sonic events that are audible.

Spatial acoustics can strongly influence the audibility of sonic events. Sound can enter an area through an opening, be disseminated throughout a space via reverberation, and be transmitted via structures. On the one hand, visually discrete spaces can be auditorally fused into one. On the other hand, extensive sound absorption can create multiple auditory arenas, each hosting a separate private event. In these two cases, aural arenas do not align with our visual representation of the space. To further illustrate the difference between aural and visual spaces, consider a tightly sealed glass cage within a larger space, and a similar cage made up of black cloth. The glass divider creates one visual arena, but its sonic impermeability creates two

aural arenas. Conversely, the black cloth serves as a visible boundary creating two visual spaces, but its sonic permeability creates a single aural arena. Visual boundaries may not be sonically porous, and conversely, aural boundaries may be invisible.

Spatial acoustics can change the personality of a sonic event. For example, a violin solo has a different emotional impact heard in a concert hall or in a football stadium. Certain combinations of sounds become associated with certain locations: traffic occurs in an urban street, and children laughing and shouting occurs in a playground. The inseparable combination of sound sources and spatial acoustics processed by a listener is called the 'soundscape'.

Physical acoustics and aural architecture, while directly related, have profoundly different emphases. The former uses a scientific language to describe the way in which spatial acoustics changes attributes of sound waves, while the latter considers the experiences and behaviour of inhabitants in a space. One emphasises discrete measurement and modelling, while the other explores a complex interactive phenomenon. Although our understanding of physical acoustics of enclosed spaces increased dramatically in the twentieth century, especially in concert halls, we are only now beginning to focus on aural architecture with its own set of concepts, language and assumptions. Just as we borrow from the language of visual architecture such words as illumination, arena and boundary, we utilise physical acoustic concepts to understand aural architecture; however, these are expanded upon and often used in new ways.

One concept from acoustics that is broadly applicable to everyday life is *spatial spreading*. This describes the transformation of a point source of sound into an enveloping cloud that bathes the listener in a diffuse sound field, making orientation impossible. The visual analogue corresponds to spherical room with surfaces of frosted glass illuminated from behind with a uniform light. From a biological and evolutionary perspective, our binaural ability to localise prey and predator probably had important survival value for our

³ Alain Corbin, *Village Bells: Sound and Meaning in the 19th Century French Countryside*, translated by M. Thom (New York: Columbia University Press, 1998).

dan vooral wat betreft concertzalen, beginnen we ons nu pas te richten op auditieve architectuur met haar eigen samenstel van concepten, taal en aannames. Om de auditieve architectuur te begrijpen, gebruiken we woorden van de visuele architectuur als *verlichting*, *arena* en *grens*, net als begrippen uit de fysieke akoestiek – hoewel deze woorden in bredere zin worden gebruikt en vaak ook op nieuwe manieren.

Een begrip uit de akoestiek dat breed toepasbaar is in het dagelijks leven, is *ruimtelijke verspreiding*. Het beschrijft de transformatie van een puntvormige geluidsbron tot een omhullende wolk die de luisteraar onderdompelt in een diffuus geluidsveld dat elke oriëntatie onmogelijk maakt. De visuele analogie hiervan zou een bolvormige ruimte met een matglazen wand zijn die van buitenaf egaal verlicht wordt. Vanuit een biologisch en evolutionair perspectief vormde ons stereofonische vermogen om een geluidsrichting te bepalen, teneinde prooi en roofdier te lokaliseren, waarschijnlijk voor onze voorouders een belangrijke overlevingsvoorwaarde. Omgekeerd zou het onvermogen tot lokaliseren geleid kunnen hebben tot meer vrees, alertheid en prikkeling. Tegenwoordig schrikken we op van de sirene van een brandweerauto, want in veel steden belemmert de akoestiek een chauffeur bij het adequaat reageren om een botsing te vermijden.

Een ander begrip uit de akoestiek, de *geluidsmassa*, verklaart waarom sommige geluiden harder lijken dan ze eigenlijk zijn. Geluidsmassa is de waargenomen grootte en dominantie van een geluidsbron, die geen verband houdt met de feitelijke sonische gebeurtenis. Het komt erop neer dat de aanvankelijke weerkaatsingen in de eerste 100 msec de indruk geven dat de geluidsbron groter, luider en prominenter is, vooral als deze van opzij komt.

Teneinde een algemene taal te scheppen om over auditieve architectuur te kunnen spreken, hebben we als auteurs hier vijf werkconcepten ontwikkeld, *spatialities* ofwel 'ruimtelijkheden' genoemd, die de ruimtelijke geluidservaring van de mens beschrijven. Deze concepten moeten niet gezien worden als de enige manier waarop de mens auditieve architectuur ervaart, en evenmin zijn ze definitief. Beschouw ze als heuristisch

gereedschap in ontwikkeling, openstaand voor uitbreiding en aanpassing. Omdat deze 'ruimtelijkheden' bestaan bij gratie van het perspectief van de luisteraar, geven ze een beeld van de ruimte dat volkomen afwijkt van de gebruikelijke statische, driedimensionale opvatting van geometrische ruimte. Hoewel elk type 'ruimtelijkheid' zijn eigen bepalende logica heeft, kunnen ze alle vijf tegelijkertijd bestaan. Omdat ze elkaar onderling overlappen en kruisen, beschrijven ze gezamenlijk de multidimensionale aard van het ervaren van auditieve architectuur.

Dimensies van auditieve ruimtelijkheden
Sociale ruimtelijkheid gaat over de omvang en vorm van de *akoestische arena* waarbinnen mensen auditief zijn verbonden met andere mensen en gebeurtenissen. Ruimtes worden traditioneel afgebakend, enerzijds door fysieke grenzen die van invloed zijn op het zicht en de beweging, en anderzijds door wettelijke grenzen die het recht van toegang bepalen. Oppervlakken zijn doorgaans tastbaar en grenzen zijn direct te herkennen; ze zijn voor iedereen gelijk en bestaan onafhankelijk van de aanwezigen in een ruimte. Het gehoor hangt echter samen met onzichtbare grenzen die het gebied markeren waarbinnen de luisteraar het geluid van mensen en gebeurtenissen kan opvangen. Dit is niet zozeer een fysieke barrière als wel een ervaringsgrens, die bestaat vanuit het perspectief van de in de ruimte aanwezigen personen en die verandert als de aanwezigen veranderen. Buiten de akoestische arena is het geluid te zacht om te horen of kunnen we het niet meer thuisbrengen. Om weer een visuele analogie te geven: iemand in een bepaalde ruimte heeft een *akoestische horizon* die fungeert als een onzichtbare grens die de waarneembare sonische gebeurtenissen scheidt van de niet-waarneembare. Vanuit het perspectief van de geluidsgebeurtenis gezien, is de akoestische arena de plaats waarbinnen de luisteraars zich bevinden. Horizon en arena zijn complementair, de ene gezien vanuit het perspectief van de luisteraar, de andere vanuit de geluidsgebeurtenis.

De omvang en vorm van een akoestische arena is complex en hangt van veel overwegingen af, zoals de intensiteit van

ancient ancestors. Conversely, the inability to localise would have produced increased anxiety, awareness and arousal. Today, a fire truck's siren in a city produces anxiety because the acoustics of many cities prevents a driver from taking the appropriate action to avoid a collision.

Another concept from acoustics, *auditory mass*, explains why some sounds appear louder than they should be. Auditory mass is the perceived size and dominance of the sound source, which is unrelated to the actual sonic event. Rather, the early reflections within the first 100 msec, especially when arriving from the side, make the sound source appear to be larger, louder and more prominent.

To create a common language for discussing aural architecture, the authors have developed five working concepts, called spatialities, to describe the human auditory spatial experience. These are not to be considered the only ways in which we experience aural architecture, nor are they finished concepts. Consider them to be heuristic tools in progress, open to expansion and adjustment. Because spatialities exist from the point of view of the listener, they present an image of space quite different from the usual static, three-dimensional conception of geometric space. While each type of spatiality possesses its own defining logic, all five can exist at the same time. As they overlap and intersect, together they describe the multidimensional nature of experiencing aural architecture.

Dimensions of Aural Spatiality

Social spatiality refers to the size and shape of the *acoustic arena* within which people are aurally connected to other people and events. Spaces are traditionally delimited according to the physical boundaries that influence vision and movement, as well as the legal boundaries that define rights of access. Surfaces are usually tangible and boundaries are readily apparent; they're the same for everyone and exist separately from the inhabitants of the space. Hearing, however, is associated with invisible boundaries that demark the region within which a listener can hear people and events. This is an experiential delimiter, rather than a

physical barrier; it exists from the point of view of the inhabitant and changes as inhabitants change. Beyond the acoustic arena, sound is too soft to be heard or its intelligibility is compromised. Using the visual analogy, a person in a space has an *acoustic horizon* that functions as an invisible boundary separating those sonic events that are perceptible from those which are not. From the perspective of the sonic event, the acoustic arena is the area within which listeners are included. Horizon and arena are complements, one from the perspective of the listener and the other from the sonic event.

The size and shape of an acoustic arena is complex, depending on many considerations, for example: the intensity of the sonic event, the acoustics of the container, the perceptual/cognitive abilities of the inhabitants, and the masking qualities of ambient sound or reverberation. Depending on the local acoustics, acoustic arenas may have unusual shapes. Curved walls can focus sound, thereby extending an arena in one direction while shrinking it in another. Reflecting surfaces act like amplifiers in certain areas of the space, while sound absorption shrinks arenas but makes more arenas possible in a given space. Acoustic arenas compete with each other as the behaviour of the inhabitants changes sonic parameters.

Arenas are experiential regions, not necessarily tied to a physical reality. An experiential arena can be quite different from a physical arena. For example, while listening to music with earphones, a listener is embedded in the musical space of a recording rather than in his physical space. Experiential acoustic arenas and physical arenas can overlap. Consider the case of an individual talking on a cell phone while driving a car. Physically he is in his car, while experientially he is sharing an acoustic arena with his conversation partner. A person can switch among several acoustic arenas at once while never physically moving: he can listen to a conversation directed at him by his neighbour, overhear a conversation among individuals standing nearby, and register the sound of the doorbell heralding newcomers to the party. An acoustic arena can be huge: a train station

de geluidsgebeurtenis, de akoestiek van de ruimte, de perceptuele/cognitieve vermogens van de aanwezigen en de maskerende kwaliteiten van het omgevingsgeluid of zijn weerkaatsing. Afhankelijk van de lokale akoestiek kan een akoestische arena een ongebruikelijke vorm aannemen. Gebogen wanden kunnen het geluid naar één punt sturen, waarbij een arena in de ene richting oprekt en in de andere krimpt. Weerkaatsende vlakken werken als versterkers in bepaalde delen van de ruimte, terwijl geluidsabsorbering een arena enerzijds doet krimpen en anderzijds meerdere arena's binnen één ruimte mogelijk maakt. Akoestische arena's veranderen door het gedrag van de aanwezigen, die de geluidsparameters beïnvloeden.

Arena's zijn ervaringsgebieden die niet noodzakelijkerwijs gebonden zijn aan een fysieke realiteit. Een ervaringsarena kan totaal verschillen van een fysieke arena. Als iemand bijvoorbeeld via een koptelefoon naar muziek luistert, is hij meer ingebed in de muzikale ruimte van de geluidsoptname dan in zijn eigen fysieke ruimte. Maar akoestische ervaringsarena's en fysieke arena's kunnen elkaar overlappen. Neem bijvoorbeeld iemand die met zijn mobieltje zit te telefoneren terwijl hij autorijdt. Fysiek gezien zit hij in zijn auto, maar in ervaringsopzicht deelt hij met zijn gesprekspartner een akoestische arena. Iemand kan direct tussen diverse akoestische arena's heen en weer schakelen zonder zich ooit fysiek te verplaatsen: hij kan luisteren naar zijn buurman die tegen hem praat, een gesprek opvangen tussen mensen die vlak bij hem staan en de deurbel horen die de komst van nieuwe gasten op het feestje aankondigt. Een akoestische arena kan gigantisch zijn, zoals een station met een grote overkapping. Hij kan ook heel klein zijn: het geluid in een drukke straat dat de voetstappen van een wandelaar maskeert. Vanuit een sociaal en emotioneel perspectief is de luisteraar functioneel doof voor alle sonische gebeurtenissen voorbij zijn akoestische horizon, dus buiten zijn akoestische arena.

De regels voor het gebruik van akoestische arena's zijn bekend. Ze zijn vaak dezelfde als de cultureel bepaalde regels omtrent fysieke afstand die sociale gerelateerdheid aangeven; een begrip dat ontwikkeld is

door de sociaal-antropoloog Edward Hall, die deze regels *proxemics* (interpersoonlijke afstand) noemde.⁴ Als we onvrijwillig in een akoestische arena gegooid worden die niet klopt met onze sociale gerelateerdheid, dan voelen we ons niet op ons gemak. Vandaar dat het stiekem meeluisteren naar een gesprek tussen onbekenden als een inbreuk op hun privacy wordt ervaren, fluisteren zeer intiem is, en schreeuwen tegen iemand die vlak naast ons staat als een afstraffing klinkt. Om sociaal nuttig te zijn, moeten akoestische arena's en hun eigenschappen overeenkomen met de culturele normen die in bepaalde sociale omstandigheden gelden. Een ruimte die ontworpen is met een goede sociale ruimtelijkheid of *spaciality* zal akoestische eigenschappen hebben die de juiste maat en vorm van de akoestische arena's ondersteunen. Dit stimuleert de in de ruimte aanwezige personen om ook geluidsgebeurtenissen van de juiste intensiteit te produceren, zodat de ruimte benut wordt voor het meest geëigende aantal akoestische arena's en hun specifieke grootte.

Navigatieruimtelijkheid gaat over de auditieve signalen die ons in staat stellen om ons met succes door een ruimte te bewegen zonder van het gezichtsvermogen gebruik te maken. Het gebruik van auditieve signalen om door een ruimte te navigeren en er zich in te oriënteren, wordt echolocatie genoemd.⁵ Ook zonder speciale training kan bijna iedereen een muur die vlakbij is horen, omdat de laagfrequente energie van het omgevingsgeluid dicht bij het oppervlak ervan wordt versterkt. Aldus werpt ook een grote pilaar die een geluidsgebeurtenis blokkeert een scherpe akoestische hoge-frequentieschaduw. We horen het kleine volume van een badkamer aan de resonanties ervan, en we leiden de uitgestrektheid van een grot af uit een lange nagalmtijd. Zo kunnen we lage plafonds, openstaande deuren, de aanwezigheid van wanden en grote open ruimtes horen.

Sommige blinden hebben deze kunst van de ruimte 'zien' verfijnd door aandachtig te luisteren; de Franse filosoof Diderot vermeldde dit fenomeen voor het eerst in 1749.⁶ Bij laboratoriumtesten konden sommige mensen rechthoekige, ronde en driehoekige objecten onderscheiden door goed te luisteren.⁷ Dan Kish, die blind werd

⁴ Edward T. Hall, *The Hidden Dimension*, New York 1966.

⁵ Dit is een historische term die uitgaat van echo's zoals vleermuizen veroorzaken. Een betere omschrijving is 'ruimtelijk gehoorsbewustzijn' ('auditory spatial awareness'), waarbij de echo's niet per se het gevolg zijn van zelf uitgestoten klanken.

⁶ Denis Diderot, *Lettre sur les aveugles*, 1749. Integrale vertaling 'Brief over de blinden' door Kristina Letterme: http://www.holbach-foundation.org/brief_blinden.html.

⁷ Steven Hausfeld et al., 'Echo perception of shape and texture by sighted subjects', *Perceptual and Motor Skills*, 55 (1982) nr. 2, p. 623-632.

with domed roof. It can be very small: the noise of an urban street masking the sound of a walker's own footsteps. From a social and emotional perspective, a listener is functionally deaf to all events beyond his acoustic horizon, outside his acoustic arena.

Rules for the use of acoustic arenas are known. Often they match the culturally determined rules for using physical distance as an expression of social relationships that Edward Hall, a social anthropologist, conceptualised and called *proxemics*. If we are thrust into an acoustic arena that doesn't match our social relationship, we are uncomfortable.⁴ Hence, eavesdropping on strangers is intrusive, whispering is highly intimate, and shouting at someone standing next to you is punitive. To be socially useful, acoustic arenas and their properties must match the cultural norms governing social spheres. A space designed to have good social spatiality will have the acoustics that support the appropriate size and shape of acoustic arenas. It also induces inhabitants to create sonic events at the appropriate intensity to use the space for the most useful number and size of acoustic arenas.

Navigational spatiality refers to those aural cues that allow us to successfully move through a space without using vision. Using aural cues to navigate through and orient in a space is called echolocation.⁵ Even without special training, almost everyone can hear a nearby wall because the low-frequency energy of ambient noise is boosted near its surface. Similarly, a large column creates a sharp acoustic shadow at high frequencies for those sonic events that are obscured by it. We hear the small volume of a bathroom by its resonances, and we sense the vastness of an underground cavern by its long reverberation time. We can hear low ceilings, open doors, the presence of walls and vast open spaces.

Some blind individuals have refined the art of 'seeing' space by careful listening; the French philosopher Diderot first reported the phenomenon in 1749.⁶ In laboratory studies, some individuals could distinguish square, circular and triangular objects by listening.⁷ Dan Kish, who was blind from childhood, taught himself echolocation, and

he is now a licensed teacher for orientation and mobility.⁸ Along with a colleague, Kish founded TeamBat, a programme that guides blind teenagers into the mountains on bicycle trips, as shown in the figure.

Similarly, Ray Charles, the blind musician, moved through life without the use of a cane, seeing-eye dog or other tactile aids.⁹

Those with normal vision are unlikely to depend solely on hearing to move through a space, except perhaps in unavoidable darkness. Nevertheless, navigational spatiality is an important supplement to vision. When walking through a space listening to loud music on headphones, our sense of confidence is diminished because we become functionally deaf to those aural cues that we subconsciously use to navigate. Every space produces aural cues that contribute to our ability to navigate and orient in a space.

Symbolic spatiality results when the special meaning of places or events becomes closely associated with experiencing corresponding spatial acoustics. Although visual symbolism is well recognised, the process of symbolic linkage also takes place with the other senses. In the visual world, these symbols are called icons, and by symmetry, aural symbols are *earcons*, which may be either unusual sonic events or particular spatial acoustics. Any form of memorable acoustics coupled with certain events can, with repeated exposure, become associated with the meaning of a particular place. Even though spatial earcons are seldom the result of conscious design intent, symbolism results from repeated exposure.

Consider the enveloping reverberation of a grand cathedral. It becomes linked to the sounds of the religious ceremonies that take place within that space. After participating in hundreds of ceremonies, the attributes of both visual and aural architecture come to represent god's home on earth. Both stained glass windows and long reverberation become religious symbols. Similarly, the unique acoustics of forests and mountains can become a symbol of nature; the hushed quiet of an elegant office can become a symbol of wealth; and the diffuse echoes of a vast office entry can become a symbol of power. The acoustics of a well-designed podium convey the

> Blinde tieners, fietsend in de heuvels van Californië
Blind teenagers riding in the hills of California

4 Edward T. Hall, *The Hidden Dimension* (New York: Doubleday & Co, 1966).

5 This a historic name that incorrectly assumes explicit echoes as would be the case for bats. A better label is auditory spatial awareness without requiring perceptual echoes from a vocalised source of sound.

6 Denis Diderot, 'Letter on the blind', in: *Early Philosophical Works* (New York: Lenox Hill Publishers, 1972 [1749]).

7 Steven Hausfeld et al., 'Echo perception of shape and texture by sighted subjects', *Perceptual Motor Skills*, 55 no. 2 (1982), 623-632.

8 Daniel Kish, 'Evaluation of an echo-mobility program for young blind people', MA thesis at California State University, San Bernardino, 1995.

9 Ray Charles and David Ritz, *Brother Ray* (New York: The Dial Press, 1978).



toen hij nog een kind was, leerde zichzelf echolocatie, en tegenwoordig is hij een gediplomeerd docent op het gebied van oriëntatie en mobiliteit.⁸ Samen met een collega ontwikkelde Kish het programma TeamBat, dat blinde tieners op hun fietstochten door de bergen kan leiden. Ook Ray Charles, de blinde musicus, bewoog zich door het leven zonder stok, blindengeleidehond of andere tactiele hulpmiddelen.⁹

Mensen die normaal kunnen zien, zullen niet gauw geheel terugvallen op hun gehoor om zich door een ruimte te bewegen, behalve misschien als het absoluut donker is. Toch vormt navigatieruimtelijkheid een belangrijke aanvulling op het zien. Als we door een ruimte lopen terwijl we via een koptelefoon naar harde muziek luisteren, zijn we minder zeker van onszelf omdat we functioneel doof worden voor de auditieve signalen die we onbewust gebruiken om te navigeren. Elke ruimte produceert auditieve signalen die bijdragen aan ons ruimtelijke navigatie- en oriëntatievermogen.

Symbolische ruimtelijkheid ontstaat als men de speciale betekenis van plaatsen of gebeurtenissen nauw verbindt met de

ervaring van ermee samenhangende ruimtelijke akoestiek. Hoewel visuele symboliek algemeen herkend wordt, vindt het symbolische koppelingsproces ook plaats bij de andere zintuigen. In de visuele wereld worden zulke symbolen iconen genoemd, en bij een auditief symbool kunnen we dus spreken van een *auditief icoon* ('earcon') wat of een ongebruikelijke geluidsgebeurtenis, of een bijzondere ruimtelijke akoestiek kan zijn. Elke vorm van opvallende, aan een bepaalde gebeurtenis gekoppelde akoestiek kan, als je er herhaaldelijk aan blootgesteld wordt, geassocieerd worden met de betekenis van een bepaalde plek. Alhoewel er zelden een bewuste ontwerpintentie aan een ruimtelijk auditief icoon ten grondslag ligt, komt symboliek altijd voort uit een herhaaldelijke blootstelling eraan.

Denk eens aan de ons omringende galm van een prachtige kathedraal. De galm raakt gekoppeld aan de geluiden van de religieuze ceremonies die in deze ruimte plaatsvinden. Als je deelgenomen hebt aan honderden van die rituelen beginnen alreeds de attributen van zowel de visuele als auditieve architectuur Gods aardse huis te

8 Daniel Kish, *Evaluation of an Echo-Mobility Program for Young Blind People*, doctoraalscriptie California State University, San Bernardino 1995.

9 Ray Charles en David Ritz, *Brother Ray*, New York 1978.

symbol of dominance. The early Greeks thought that the sounds of the Aeolian harp were the spirit of the wind carrying the heavenly muses. The chirped echo produced by the staircases of the Pyramid of Kukulkan at Chichén Itzá is thought to have been a symbol of the sacred Mayan bird, the resplendent Quetzal.¹⁰

Consciously developing earcons, particular sounds associated with specific spaces, can contribute to the creation of a unique sense of place. Architectural globalisation has produced uniform sterile spaces devoid of special meaning and experience, where it is easy to become disoriented and lost. Differentiation among spaces can be achieved in part through creating symbolically meaningful earcons that produce unique and memorable aural experiences.

Aesthetic spatiality describes the rich variety of local acoustics that provide varying auditory texture. Reverberation timbre depends on the type of surfaces in a space. One could imagine a wall composed of alternating resonant cavities, absorption panels, and reflective surfaces that change the experience of sound as one moves along its length. Local regions within a single space may have different acoustics.

Consider the domed ceiling along one of the corridors in the Houston airport. Moving from the flat ceiling area to the curved ceiling area, one suddenly hears strong echoes of footsteps. The sudden change in acoustics creates a striking sense of a textured space changing. Plush upholstery and deep pile carpets create an aural sense of warmth, which arises because they absorb almost all of the high-frequency sound energy. Conversely, marble floors and glass walls create an aural sense of coldness, because they reflect and magnify the high-frequency sounds.

Contemporary artists create artwork whose impact in part depends upon changing the sounds around and within them. Richard Serra's monumental sculptural objects enclose the viewer, shutting out sounds external to the pieces, and changing the sound qualities within them. Eusebio Sempere created a sculpture composed of a three-dimensional array of polished stainless-steel tubes that rotates at its base. In addition to its provocative visual

effect as the moving surfaces reflect in the sunlight, it is also a sonic filter that blocks transmission of particular frequencies.¹¹ A listener on one side hears a tonal modification of those sound sources located on the other side, the visual equivalent of coloured glass prisms.

Music spatiality, which has been studied extensively, refers to the attributes of a space that are an integral part of music performance. The acoustics of a performance space fuse with the sounds of voices and musical instruments to create meta-instruments. Contemporary composers and sound installation artists recognise the power of fusing, creating compositions that incorporate particular performance spaces. For example, Stockhausen's *Stimmung* acquired a new personality when it was performed in the unique acoustics of the Jeita Cave in Lebanon.¹² Aural architects, even those who are not interested in how spatial acoustics influences music, can learn much from a century of work on real and virtual concert halls. Our understanding of enveloping reverberation, aural mass and the precedence effect originated from research on musical spatiality.¹³

Implications for Spatial Design

An aural architect makes physical design decisions that are coupled to choices about the aural experience of a space. For example, consider the attributes of a wall, which include its materials, orientation, size, texture, curvature, and so on. Choices for the wall will, in turn, influence the auditory experience of the space: the size and shape of acoustic arenas, the degree to which multiple conversations will remain private, the apparent aural mass¹⁴ of a speaker in specific locations, the sense of being inside a sound or remote from it, the degree of confidence in moving through a space with inadequate illumination, a sense of aural texture, and the degree to which the space will elevate arousal or attentiveness. Selecting among these aural attributes requires the designer to consider cultural values, cognitive experiences and the purposes of the space. Depending on the expectations of the various stakeholders, a space will 'work' or 'fail' to the degree their aural goals are met.

>
De Piramide van Kukulkan in Chichén Itzá
The Pyramid of Kukulkan at Chichén Itzá

¹⁰ David Lubman, 'Archaeological acoustic study of chirped echo from the Mayan pyramid at Chichén Itzá', *Journal of the Acoustical Society of America*, 104 (1998), 1763, and extended version at www.ocasa.org/MayanPyramid.htm and www.ocasa.org/MayanPyramid2.htm.

¹¹ R. Martínez-Sala, J. Sancho, J. Sanchez, V. Gomez, J. Linares and F. Meseguer, 'Sound attenuation by sculpture', *Nature* 378 no. 6554 (1995), 241; and J. Sánchez-Pérez, et al., 'Sound attenuation by a two-dimensional array of rigid cylinders', *Physical Review Letters* 80 no. 24 (1998), 5325-5328.

¹² Michael Kurtz, *Stockhausen: A Biography* (London: Faber and Faber, 1992).

¹³ Ruth Y. Litovsky, H. Colburn, W. Yost and S. Guzman, 'The precedence effect', *Journal of the Acoustical Society of America*, 106 no. 4 (1999), 1633-1654.

¹⁴ In the acoustic literature for music in concert halls, aural mass is called 'apparent source width'.



vertegenwoordigen. Zowel de glas-in-loodramen als de lange talmende galm worden tot religieuze symbolen. Op dezelfde wijze kan de unieke akoestiek van wouden en bergen een symbool van de natuur worden, de serene rust van een stijlvol kantoor gaat een symbool van rijkdom vormen, en de diffuse echo's in de enorme toegangshal van een kantoorpand kunnen een symbool van macht worden. De akoestiek van een goed ontworpen podium representeert het symbool van dominantie. De oude Grieken meenden dat het geluid van de eolusharp de geest van de wind was die de hemelse muzen meevoerde. Van de tsjilp-achtige echo teweeggebracht door de trappen van de Piramide van Kukulkan in Chichén Itzá wordt wel gedacht dat dit symbool stond voor de heilige vogel van de Maya's, de luisterrijke quetzal.¹⁰

Het bewust ontwikkelen van auditieve iconen, vooral geluiden die geassocieerd worden met bepaalde ruimtes, kan bijdragen aan het scheppen van het unieke gevoel van een plek. Door de globalisering van de architectuur zijn er uniforme, steriele ruimtes ontstaan, zonder enige speciale

betekenis of ervaring, waarin je gemakkelijk gedesoriënteerd kunt raken of verdwalen. Een grotere verscheidenheid aan ruimtes kan deels bereikt worden door auditieve iconen te creëren die symbolisch significant zijn en voor unieke en opvallende auditieve ervaringen zorgen.

Esthetische ruimtelijkheid beschrijft de rijke variatie aan lokale akoestiek die zorgt voor een uiteenlopende auditieve textuur. Het timbre van de weerkaatsing is afhankelijk van het soort van vlakken in een ruimte. Zo kun je denken aan een wand die afwisselend is samengesteld uit resonantieholtes, absorptiepanelen en weerkaatsende vlakken die de geluidservaring divers maken als je erlangs loopt. Bepaalde delen van één en dezelfde ruimte kunnen een verschillende akoestiek hebben. Neem bijvoorbeeld het koepelplafond in een van de gangen op het vliegveld van Houston. Als je het gedeelte met de vlakke plafonds verlaat en in het deel met de gebogen plafonds komt, hoor je ineens de luide echo van je eigen voetstappen. De plotselinge verandering in akoestiek maakt je heel duidelijk bewust van de veranderde ruimtelijke

¹⁰ David Lubman, 'Archaeological acoustic study of chirped echo from the Mayan pyramid at Chichén Itzá', *Journal of the Acoustical Society of America*, 104 (1998) nr. 3, p. 1763, en een uitgebreide versie op www.ocasa.org/MayanPyramid.htm en www.ocasa.org/MayanPyramid2.htm.



textuur. Pluche bekleding en hoogpolig tapijt scheppen een auditief gevoel van warmte doordat ze vrijwel alle hoogfrequente geluidsgolven absorberen. Omgekeerd geven marmeren vloeren en glazen wanden een auditief gevoel van kilte, aangezien ze de hoogfrequente geluiden weerkaatsen en versterken.

Sommige hedendaagse kunstenaars maken kunstwerken waarvan het effect deels berust op het veranderen van de geluiden eromheen en erbinnen. Richard Serra's monumentale sculpturale objecten omgeven de beschouwer, houden het geluid van buiten het object tegen en veranderen de eigenschappen van het geluid binnen in het kunstwerk. Eusebio Sempere heeft een sculptuur gemaakt bestaande uit een driedimensionale opstelling van glimmende roestvrijstalen buizen die op zijn sokkel ronddraait. Afgezien van het prikkelende visuele effect van het door de bewegende vormen gereflecteerde zonlicht, werkt het ook als een geluidsfilter dat de overdracht van bepaalde frequenties blokkeert.¹¹ Een luisteraar die aan de ene kant staat, hoort de tonale veranderingen in de geluidsbronnen die aan de andere kant zitten: het visuele equivalent hiervan zijn glazen prisma's die het licht in kleuren breken.

Muzikale ruimtelijkheid, een uitgebreid bestudeerd onderwerp, gaat over de aspecten van een ruimte die een integraal deel vormen van een muzikale uitvoering. De akoestiek van een uitvoeringsruimte doet het geluid van stemmen en muziekinstrumenten versmelten, en creëert zo een meta-instrument. Eigentijdse componisten en kunstenaars die geluidsinstallaties maken, onderkennen de kracht van deze versmelting en creëren composities waarin bepaalde uitvoeringsruimtes geïntegreerd zijn. Zo kreeg Stockhausens *Stimmung* een nieuwe dimensie toen het in de unieke akoestiek van de Grotten van Jeita in Libanon werd uitgevoerd.¹² Auditieve architecten, zelfs zij die niet geïnteresseerd zijn in hoe ruimtelijke akoestiek muziek beïnvloedt, kunnen een hoop leren van een eeuw werken aan reële en virtuele concertzalen. Onze kennis van de omringende nagalm, geluidsmassa en het precedentie- of Haas-effect is te danken aan het onderzoek naar muzikale ruimtelijkheid.¹³

Implicaties wat betreft het ruimtelijk ontwerpen

Een auditieve architect neemt bij een fysiek ontwerp beslissingen die gekoppeld zijn aan keuzes van hoe een ruimte auditief ervaren dient te worden. Denk bijvoorbeeld aan de eigenschappen van een wand, zoals materialen, plaatsingsrichting, afmetingen, textuur, kromming, enzovoort. De keuzes wat betreft de wand zullen op hun beurt invloed hebben op hoe een ruimte qua gehoor ervaren wordt: de grootte en vorm van de akoestische arena's, de mate waarin gelijktijdige gesprekken nog een privé-karakter dragen, de schijnbare geluidsmassa¹⁴ van een spreker op een bepaalde locatie, het gevoel dat je midden in een geluid zit of op afstand ervan, de mate waarin iemand zich zeker voelt als hij zich door een onvoldoende verlichte ruimte beweegt, het gevoel dat de auditieve textuur geeft, en ten slotte de mate waarin de ruimte stimuleert of alerter maakt. Om uit deze auditieve attributen te kunnen kiezen, moet de ontwerper culturele waarden, cognitieve ervaringen en het doel van de ruimte in overweging nemen. Kortom, de mate waarin er wordt tegemoetgekomen aan het verwachtingspatroon van de diverse belanghebbenden en aan de auditieve doeleinden bepaalt of een ruimte 'geslaagd' dan wel 'mislukt' is.

Vertaling: De Twee Hanen, Joost den Haan

<
De grotten van Jeita in Libanon waar Karlheinz Stockhausen zijn concert gaf
Cave of Jeita in Lebanon where Karlheinz Stockhausen presented his concert

11
R. Martínez-Sala et al., 'Sound attenuation by sculpture', *Nature*, 378 (1995) nr. 6554, p. 241; J. Sánchez-Pérez et al., 'Sound attenuation by a two-dimensional array of rigid cylinders', *Physical Review Letters*, 80 (1998) nr. 24, p. 5325-5328.

12
Michael Kurtz, *Stockhausen. A Biography*, Londen 1992.

13
Ruth Y. Litovsky et al., 'The precedence effect', *Journal of the Acoustical Society of America*, 106 (1999) nr. 4, p. 1633-1654.

14
In de akoestische literatuur over muziek in concertzalen wordt geluidsmassa 'schijnbare breedte van de geluidsbron' ('apparent source width') genoemd.