

Raviv Ganchrow

Hear and There: Notes on the Materiality of Sound

From the position of the listener there is no resemblance between the contours of experienced sounds and the shape of acoustic wave phenomena. In other words, there is no mimetic similarity between the qualities of perceived sounds and the presence of the vibrations in air from which these perceptions arise. Also, when considering the sensation of sounds, particularly with respect to the experience of tone, there are instances when audible sounds cannot be traced back to a corresponding source of vibration.¹ This notable gap between 'sound measured' and 'sound perceived', both in terms of material forms and connective asymmetries, tends to polarise sound into 'physical' and 'psychological' acoustics.² In this sense any inquiry into a dimensional nature of sound seems to be prefixed by a contextual binarism where one is required to simultaneously inhabit adjoining chambers on either side of the tympanic membrane.

Hearing space entails enduring signals. We internalise fluctuation that gives depth to concrete sensations and shape to acoustic durations. Audible worlds congeal

every time we lend an ear to the vast acoustic tangle in which we are immersed. For the listener, the space of hearing reveals itself to be an uninterrupted interior, where boundaries drift incessantly outwards with every step towards an edge. Within an auditory scene, sounds appear as qualitative experiences with more or less distinct characteristics. The transformation of acoustic flux into objects of cognition is an inbuilt attribute of perception. It is through this innate ability to grasp sensations reflexively, that innumerable acoustic fluctuations gradually appear to the listener as solitary, identifiable, events. It is also by way of this learned experiential language that the body is able to navigate an otherwise infinite field of sensations.

Concurrent with the cognitive space of apprehended sounds, a separate view can be opened into the physical life of waves. This vista delineates another kind of sound-space quite remote from the stable confines of perceptual certitude. Acoustic studies into the principles of sonic behaviour, including transmission, propagation

¹ Two conditions where phantom sounds are perceived are the examples of tinnitus and combination tones. The term 'tinnitus' describes a condition in which a sound is discernable within the human ear in the absence of a corresponding external source. The term 'combination tone' describes a psychoacoustic effect whereby a tone is psychologically audible but has no measurable physical existence. The phenomenon is manifested as an audible presence of a third perceivable tone when actually only two tones of particular scalar proportions are sounded simultaneously.

² This distinction in many ways has become a normative mode of acoustic thinking. For instance in Jens Blauert's account of spatial hearing, he opens the discussion with the clear bifurcation of sound: 'Terms such as "sound source," "sound signal," and "sound wave" will always be used to describe physical phenomena that are characteristic of sound events. What is perceived auditorily will be denoted by the adjective "auditory," as in the term "auditory object" or, preferably, "auditory event."' This bicameral terminology differentiating between the two aspects of sound is further explicated: 'More generally, the fact that a sound event does not necessarily produce an auditory event, and not every auditory event is connected with a sound event, must exclude the interpretation that one leads to the other in a causal sense ... The common belief that sound events cause auditory events is, consequently, understandable, but nonetheless incorrect.' Jens Blauert, *Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization* (Cambridge, MA: MIT Press, 1997), 2-3.

Raviv Ganchrow

Horen en plaats: aantekeningen over de materialiteit van geluid

Vanuit de positie van de toehoorder is er geen gelijkenis tussen de contouren van gewaargeworden geluiden en de vorm van akoestische golfverschijnselen. Met andere woorden: er bestaat geen mimetische gelijkvormigheid tussen de eigenschappen van waargenomen geluiden en de presentie van trillingen in de lucht waar die waarnemingen uit voortkomen. Ook blijken er zich, bij nadere beschouwing van de zintuiglijke gewaarwording van geluiden, met name waar het gaat om de waarneming van toonhoogte, hoorbare geluiden voor te doen die niet teruggevoerd kunnen worden tot een corresponderende trillingsbron.¹ Deze opmerkelijke kloof tussen 'gemeten geluid' en 'waargenomen geluid', in termen van zowel materiële vormen als verbindende asymmetrieën, leidt gewoonlijk tot de polarisatie van geluid tot een 'fysieke' en een 'psychologische' akoestiek.² Zo lijkt ieder onderzoek naar de dimensionale aard van geluid te worden voorafgegaan door een contextueel binarisme dat vereist dat men zich gelijktijdig in aangrenzende holten aan weerskanten van het trommelvlies bevindt.

Wie naar de ruimte luistert, ontvangt voortdurend signalen. We internaliseren de fluctuaties die diepte geven aan concrete zintuiglijke gewaarwordingen en vorm geven aan akoestische tijdsduur. Hoorbare werelden stollen, telkens als we naar de enorme akoestische wirwar luisteren waarin we zijn ondergedompeld. De toehoorder leert de hoorbare ruimte kennen als een doorlopend interieur waarvan de grenzen met elke stap in hun richting gestaag uiteendrijven. In een auditieve omgeving verschijnen geluiden als kwalitatieve ervaringen met min of meer onderscheiden eigenschappen. De eigenschap akoestische stromen te transformeren tot kenbare objecten zit ingebouwd in de waarneming. Het komt door dit aangeboden vermogen zintuiglijke waarnemingen reflexmatig te begrijpen dat de ontelbare akoestische fluctuaties de toehoorder voorkomen als afzonderlijk herkenbare verschijnselen. Het komt eveneens door deze hoogontwikkelde empirische taal dat het lichaam in staat is door een overigens oneindig veld van zintuiglijke waarnemingen te manoeuvreren.

¹ Twee voorbeelden van omstandigheden waaronder schijngeluiden worden waargenomen zijn bij tinnitus (oorsuizingen) en bij combinatietonen. De term 'tinnitus' beschrijft een toestand waarbij binnen in het menselijk oor bij afwezigheid van een corresponderende externe bron een geluid is te onderscheiden. De term 'combinatietoon' beschrijft een psychoakoestisch effect waarbij een toon psychologisch hoorbaar is maar geen meetbaar fysiek bestaan heeft. Dit fenomeen manifesteert zich als de hoorbare aanwezigheid van een derde waarneembare toon wanneer er feitelijk maar twee tonen van bepaalde scalaire proporties gelijktijdig tot klinken worden gebracht.

² Dit onderscheid is in veel opzichten de norm voor akoestisch denken geworden. Jens Blauert opent de discussie in zijn uiteenzetting over ruimtelijk horen bijvoorbeeld met de ondubbelzinnige bifurcatie van geluid: 'Termen zoals "geluidsbron", "geluidssignaal", en "geluidsgolf" zullen steeds worden gebruikt om fysieke fenomenen te beschrijven die kenmerkend zijn voor geluidsverschijnselen. Wat auditief wordt waargenomen, zal worden aangeduid door het adjectief "auditief", zoals in de uitdrukking "auditief object" of, beter nog, "auditief verschijnsel".' Deze bicamerale terminologie, die onderscheidt maakt tussen de twee aspecten van geluid, wordt nader verklaard: 'Meer in het algemeen moet het feit dat een geluidsverschijnsel niet noodzakelijkerwijs een auditief verschijnsel voortbrengt en dat niet ieder auditief verschijnsel gekoppeld is aan een geluidsverschijnsel de interpretatie dat het één in causale zin tot het ander leidt wel uitsluiten... De gangbare aanname dat geluidsverschijnselen de oorzaak zijn van auditieve verschijnselen is derhalve, hoewel begrijpelijk, niettemin onjuist.' Jens Blauert, *Spatial Hearing. The Psychophysics of Human Sound Localization*, Cambridge 1997, p. 2-3.

as well as properties of reflection and absorption, particularly since the nineteenth century, indicate a move towards a physicalised understanding of vibration, in other words uncovering a sonic materiality quite different from the ephemeral traces impressed by audible sensations. Central to this notion is the spatiality inherent in descriptions of propagating waves in themselves. To constitute this remote space of vibrational interactions demanded relegating the sensorium outside the acoustic frame, and opening, instead, into the broadband spectrum of material vibrations. In this window onto phenomena, from the subtlest ultrasonic agitations to the grand seismic rumbles deep within the earth's crust, space begins to quiver with implicit activity.

But, in fact, enumerating the dimensions of sound is not so much a matter of defining two kinds of sonic spatiality as it is about discerning the various *modalities* within which materialities of sound are seen to take shape.³ In this sense there are no spaces fastened to either side of the ear just as there is no absolute sonic spatiality that needs to be defined, but rather heterogeneous and intermittent *contextually* constituted materialisations of sound, wherein each instance spawns a slightly divergent take on the spatial characteristics therein.

To materialise sound is to make corporeal artefacts from durational flux. Constituting any materiality from within vibrational transience will simultaneously construct a corresponding space within which certain aspects of sound are seen to operate. In other words, every materialisation of sound already is spatialised within the limits of its own comprehension. And these sonic 'things' are not so much reflections of an inaccessible vibrational strata as much as they are mirrors of our own attitudes towards sound. These extraneous solidifications, spread out over a vast territory of practices and disciplines, attests to the continual reconfiguration in the armatures of hearing. Developments taking place in specialised fields of research as well as the dissemination of commonplace technologies for sound production are all seen to participate as

diverse structuring agents of the listener, allowing certain materialisations to take precedence over others. At times these spatialities will be seen to subsume one another, while on other occasions they remain disparate and incompatible so as to interfere one with the other.

Attending to the postures of listening is neither to describe the imaginary conflicts arising between incompatible spatial paradigms, nor to formulate an idealised chronology of successive sonic models, but more directly to examine particular material instances as indicators of distinct formations within the contextual chambers of hearing. The following examples trace an instrumental view of sound, whereby waves take shape as optical 'objects', and briefly test the consequences of this view on developments in architectural acoustics.

Prior to the invention of electro-acoustic methods, 'seeing vibration' (not only as waves) played an important role in the historic epistemology of sound. From the enigmatic Chladni figures (revealing modes of vibration in membranes), to graphic vibrating string patterns rendered visible through the mirrors and lenses of Lissajous (later implemented in Helmholtz's 'vibration microscope'), to the bore-bristle waveform registrations of the 'phonoautograph' – the visibility of acoustics continually underlined the *dimensional* characteristics of sound. But it took the force of August Toepler's technical ingenuity to decisively move the sonic ripples out of the reservoir of metaphors and into the realm of empirical tangibility.

In 1864, August Toepler pioneered a technique he termed 'Schlieren-Beobachtung' (striae observation) that led to the first photographic images of acoustic reflection.⁴ His method makes visible the inconsistencies in air by way of a specialised photographic procedure. The innovation was to think of air as a continuous lens whose refractive properties are determined by the discrete pressure conditions over the framed zone of the photographic setup. Strictly speaking, the images produced via this method are not directly pictures of sound, but rather

³ In my opinion, an account of spatial-material aspects of sound is also an account of less tangible transformations taking shape, within attitudes of listening, and more generally speaking: amendments to normative understandings of space, time and place. Attention to these descriptions not only accesses the capacities (and limitations) of diverse notions of sound-space but also hints at the sociocultural context that allows for these interpretations of sound to take shape in the first place. In order to grasp these shifts it is important not to separate between the various cultural and the scientific disciplines within which sound experimentation and production take form, but rather open into the eclectic field of constellations operating upon the structures of listening.

⁴ Notably, the physicist R.W. Wood published a series of sequential images, utilising Toepler's *schlieren* method, in which sound is seen in various states of reflection rebounding off a variety of geometric surfaces. The primary purpose of these acoustic images was to illustrate the behaviour of optical phenomena. Robert W. Wood, *Physical Optics* (New York: MacMillan, 1905).

Evenwijdig aan de cognitieve ruimte van gevangen geluiden kan een afzonderlijk perspectief worden geopend op het fysieke bestaan van golven. Dit vergezicht omlijnt een ander soort geluid-ruimte, die tamelijk ver verwijderd is van de stabiele grenzen van de waarnemingszekerheid. Akoestische studies naar de principes achter het gedrag van geluid, inclusief zowel transmissie en propagatie als de eigenschappen van reflectie en absorptie, laten vooral vanaf de negentiende eeuw een verschuiving zien naar een gefysicaliseerd begrip van trillingen, dat wil zeggen, leggen een sonische materialiteit bloot die behoorlijk verschilt van de kortstondige sporen die worden achtergelaten door hoorbare gewaarwordingen. De kern van deze notie is de ruimtelijkheid die eigen is aan beschrijvingen van propagerende golven op zichzelf. Om deze afgelegen ruimte van interactieve trillingen te construeren, moest het sensorium uit het akoestische kader worden verbannen en moest men zich in plaats daarvan openstellen voor het breedbandspectrum van materiële trillingen. Volgens dit perspectief op de fenomenen, van de ijste ultrasonische schokken diep binnen in de aardkorst, trilt de ruimte van impliciete bedrijvigheid.

Maar in feite is het opsommen van de dimensies van geluid niet zozeer een kwestie van het definiëren van twee soorten sonische ruimtelijkheid als wel van het onderscheiden van de uiteenlopende *modaliteiten* waarbinnen we de materiële aspecten van geluid gestalte zien krijgen.³ Zo bekeken zijn er geen ruimten aan weerszijden van het oor verbonden, net zomin als er een absolute sonische ruimtelijkheid is die gedefinieerd dient te worden, maar zijn er eerder tamelijk heterogeen en wisselvallig *contextueel* geconstrueerde materialisaties van geluid, waarbij elke incidentie een enigszins verschillende opvatting van de ruimtelijke karakteristieken van zo'n materialisatie afscheidt.

Geluid gestalte geven is het maken van tastbare artefacten uit de temporele stroom. Het constitueren van wat voor materialiteit dan ook vanuit de vergankelijkheid van de trilling zal gelijktijdig een corresponderende ruimte construeren waarbinnen we bepaalde aspecten van

geluid werkzaam zien zijn. Met andere woorden, elke materialisatie van geluid is altijd al verruimtelijs binnen de grenzen van haar eigen beschrijving. En deze sonische 'dingen' zijn niet zozeer reflecties van ontoegankelijke trillingslagen als wel spiegels van onze eigen opvattingen inzake geluid. Deze externe consolideringen zijn verbreed over een uitgestrekt domein van praktijken en disciplines en getuigen van de aanhoudende reconfiguratie van onze auditieve uitrusting. We zien zowel ontwikkelingen die plaatsvinden in gespecialiseerde onderzoeksvelden als de verspreiding van alledaagse technieken voor geluidsproductie allemaal fungeren als de uiteenlopende ordeningsmiddelen van de toehoorder die bepaalde materialisaties voorrang geven boven andere. Soms zien we dat deze ruimtelijkheden elkaar subsumeren en bij andere gelegenheden blijven ze ongelijksoortig en onverenigbaar, zodat ze met elkaar kunnen interfereren.

Wie aandacht besteedt aan luisterhoudingen is noch bezig de denkbeeldige conflicten te beschrijven die zich voordoen tussen onverenigbare ruimtelijke paradigma's, noch een geïdealiseerde chronologie van opeenvolgende sonische modellen aan het formuleren, maar is, meer direct, specifieke materiële incidenten als indicaties van onderscheiden structuren in de contextuele gehoorsholten aan het onderzoeken. De volgende voorbeelden traceren het spoor van een instrumentele opvatting van geluid, waarbij golven gestalte krijgen als optische 'objecten', en beproeft kort de consequenties van deze opvatting voor ontwikkelingen in de architectonische akoestiek.

Voorafgaand aan de uitvinding van elektro-akoestische methoden speelde het 'zien van trillingen' (niet alleen als golven) een belangrijke rol in de historische epistemologie van het geluid. Van de mysterieuze Chladni-patronen (die de manier onthullen waarop membranen trillen) tot de grafische trillende snaarpatronen die zichtbaar werden gemaakt door de spiegels en lenzen van Lissajous (later toegepast in de 'trillingsmicroscoop' van Helmholtz) en de varkenshaarachtige registraties van golfvormen van de 'fonautograaf' – de zichtbaarheid van akoestiek benadrukte

³ Naar mijn mening is elke beschrijving van de ruimtelijk-materiële aspecten van geluid ook een beschrijving van minder tastbare transformaties die binnen houdingen t.o.v. het luisteren gestalte krijgen en, in algemener termen: een amendering van de normatieve begrippen van ruimte, tijd en plaats. Als deze beschrijvingen op hun waarde worden geschat, geeft dat niet alleen toegang tot de capaciteiten (en beperkingen) van verschillende noties van geluid-ruimte, maar stipt dat ook de sociaal-culturele context aan die in de eerste plaats de mogelijkheid met zich meebrengt dat deze interpretaties van geluid gestalte krijgen. Om deze verschuivingen te begrijpen, is het belangrijk om geen onderscheid te maken tussen de verschillende culturele en wetenschappelijke disciplines waarbinnen geluidsexperimenten en -productie gestalte krijgen, maar eerder om open te staan voor het eclectische domein van constellaties die invloed uitoefenen op de structuren van het luisteren.

images of the way light bends around the pressure folds in air produced by sound. Toepler redirected photography's uncanny ability to turn light into synthetic artefacts by drawing the invisible through the sieve of optic representation. In Toepler's mechanism, sound itself is made visible by casting sonic shadows into the electromagnetic spectrum.

This particular window onto acoustics, where both the sounding object and the listener are intentionally muted, opens a view onto the material body of reverberation itself. Here, the receding angular lines of perspective are replaced by the interval of time-pressure zones marked out as alternating gradient patches of energy-phase position. And where sound fills the optical gaps of depth perception, space itself is rendered solid. In this space, sound is portrayed as expanded and immersive suggesting an infinite field of localised affect. And contrary to the photographic snapshot that seemingly isolates a moment out of the flux of becoming, *schlieren* images somehow manage to preserve a *kinematics* of that space as the angle of curvature and banded spacing simultaneously implicate a past condition as much as they anticipate a future mode of transition. *Schlieren* photography cuts a literal section through an oscillating phased-space, a space that from the position of a listener amounts to a kind of spatialised duration. Once acoustic space enters the visible realm, vibrations themselves then become optical substances that must awkwardly find their place among the other 'things' in the world.

In the absence of technical possibilities for measurement of absolute sound intensity, Wallace Sabine, the founding figure of architectural acoustics, turned to techniques of sound visualisation in order to answer questions about room acoustics. After succeeding in determining the hyperbolic curve charting relationships among the volume of an auditorium, the type of material surfacing within it, and a quantity of audible 'reverberation time', he went on to investigate more complex phenomena of reflection and refraction, this time aided by Toepler's photographic technique.⁵

In the case of Sabine, the necessity to employ opto-sonic transcription methods was more than a matter of convenience. In order to describe the precise relations between an acoustic event and a corresponding building, Sabine had to look at architecture from the inside, while occupying a posture where frequencies are seen to correspond with distinct physical sizes. The audible frequencies, from 20 to 20,000 cycles per second that punctuate the various pitched notches on the musical scales, are the very same frequencies that define Sabine's sonic ruler of distances. For Sabine, the scale of tones corresponded to a telescoping slide rule spanning distances between 17 mm to 17 m in length.⁶

Borrowing Toepler's *schlieren* method proved to be effective in Sabine's task, the results of which are some of the first scale-model descriptions of wave-front reflection and refraction off complex interior room geometries. In these studies, sectional plaster models (primarily based on existing concert halls and theatres) were used to chase the propagating waves directly through the open model and onto a photographic plate.⁷ In the images, reflecting echoes appear as sequentially shaded crescents of varying curvature – as if charting localised tensile adjustments in a progressing tremor over some gigantic membrane stretched across the architectural space. What emerges from these sectional studies is the superposition of space with its shadow: An immersion of a tectonically definitive frame onto a hazy broth of diffuse differentiation. One space is familiar and the other remote and abstract, but somehow in the images these spaces are seen to communicate. Through the lens of sound, every chamber becomes a proposition towards an anticipated dialogue with crisscrossing pressure fronts, as if the graphic lines of the architectural section already echo with an implicit murmur.

The *schlieren* technique proved useful in describing the entropic permutations

is passing through it, it is illuminated instantaneously by the light from a fine and somewhat distant electrical

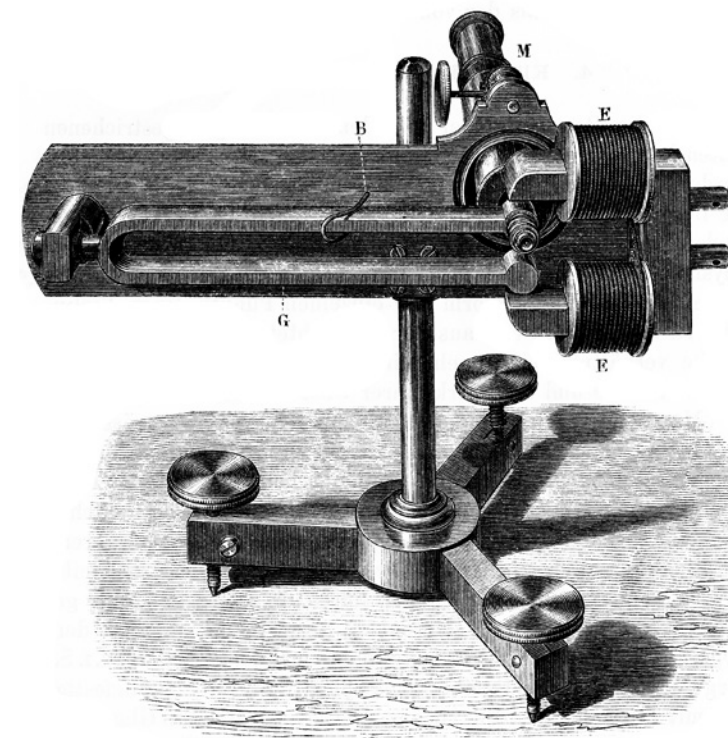
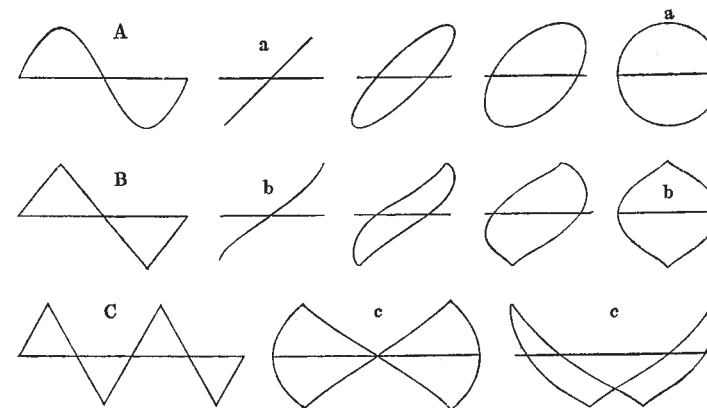
spark. [The resultant photographs] show the sound and its echo at different stages in their propagation through

5
For a description of the historic lineage of Sabine's research in relation to the transforming contextual backdrop of the American soundscape, see Emily Thompson, *The Soundscape of Modernity: Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900-1933* (Cambridge, MA: MIT Press, 2002). Thompson's description is particularly revealing with respect to Sabine's work, as it places the latter's research in the company of much broader developments within auditory techniques and practices of that time in a way that suggests the impact such research had on prevailing listening practices, building codes and aestheto-cultural understandings of sound.

6
The speed of sound in air will vary depending on climate, relative humidity and altitude, yet remains constant across all frequencies. The speed of sound in dry air at sea level with an ambient temperature of 20°C radiates at 343 m/sec. In other words, the tone detected by the ear as an 'A', will have a corresponding pattern that repeats in air every 78 cm.

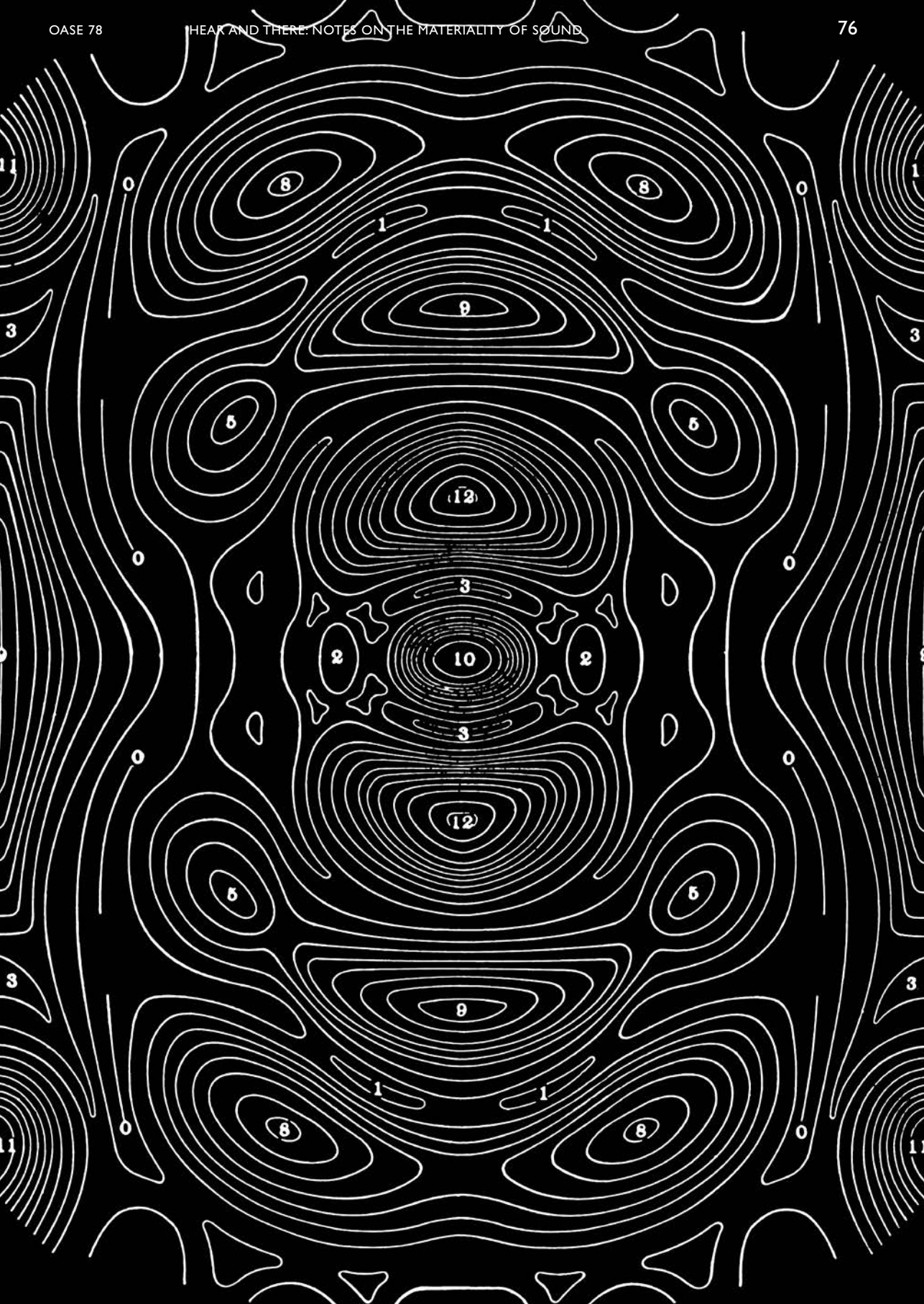
7
Sabine describes the procedure: 'The formation and propagation of echoes may be admirably studied by an adaptation of the so-called Schlieren-Methode device for photographing air disturbances. It is sufficient here to say that the adaptation of this method to the problem in hand consists in the construction of a model of the auditorium to be studied to proper scale, and investigating the propagation through it of a properly scaled sound-wave. To examine the formation of echoes in a vertical section, the sides of a model are taken off, and as sound

the room.' Wallace C. Sabine, *Collected Papers on Acoustics* (New York: Dover Publications, 1964), 236.



<
De trillingsmicroscop van Hermann von Helmholtz met trillingscurven die in de microscoop te zien zijn. Uit: H. von Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Braunschweig 1863. Hermann von Helmholtz's "vibration microscope" and corresponding "vibrational curves" observable in the microscope. From von Helmholtz's book *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*, 1863.

>
Wallace C. Sabine. Horizontale verspreiding van staande golfpatronen afkomstig van een geluidsbron met een constante sinusgolf van 248 Hz in een gesloten rechthoekige kamer. Getallen tussen nul en twaalf geven de relatieve geluidsdruk bij een dwarsdoorsnede op oorhoogte in de ruimte. Sabine ontleende deze trillingsafbeelding aan metingen die hij rond 1910 deed in een ruimte met constante temperatuur in het Jefferson Physical Laboratory, Harvard University. Wallace C. Sabine. Horizontal distribution of standing wave patterns from a continuous 248 Hz sound source in an enclosed rectangular room. Numbers between zero and twelve indicate the relative sound pressure at a head-level cross section through the space. Sabine derived this amplitude mapping from measurements taken in the Constant Temperature Room of the Jefferson Physical Laboratory, Harvard University, circa 1910.



voortdurend het dimensionale karakter van geluid. Maar pas dankzij de overtuigingskracht van August Toepler en zijn technisch vernuft lukte het om de sonische ruis onbetwistbaar te verplaatsen van het stuwmeer aan metaforen naar het rijk van de empirische tastbaarheid.

In 1864 begon August Toepler met een techniek die hij *Schlieren-Beobachtung* ('Schlieren-observatie') noemde en die leidde tot de eerste fotografische beelden van akoestische reflectie.⁴ Zijn methode maakt de inconsistenties in lucht zichtbaar door middel van een speciale fotografische procedure. Het innovatieve was lucht op te vatten als een ononderbroken lens waarvan de refractieve eigenschappen bepaald worden door de separate drukomstandigheden boven het ingekaderde gebied van de fotografische opstelling. Strikt genomen zijn de afbeeldingen die volgens deze methode worden geproduceerd niet direct foto's van geluid, maar eerder afbeeldingen van de manier waarop licht buigt rond de drukplooien die geluid in de lucht maakt. Toepler gaf, door het onzichtbare door de zeef van optische representatie te trekken, een nieuwe oriëntatie aan de buitengewone mogelijkheid van de fotografie om synthetische artefacten te maken uit licht. De techniek van Toepler maakt het geluid zelf zichtbaar, door de schaduwen die het werpt binnen het elektromagnetisch spectrum.

Deze specifieke benadering van de akoestiek, waarbij zowel het resonerende object als de toehoorder opzettelijk wordt gedempt, opent een zienswijze op het materiële lichaam van de resonantie zelf. De wijkende hoekige perspectieflijnen zijn hier vervangen door de interval van tijd-drukzones gemarkeerd als alternerende gradiëntflarden van de posities van een energiefase. En terwijl geluid de optische lacunes in de dieptewaarneming vult, wordt de ruimte zelf massief. In deze ruimte wordt geluid afgeschilderd als uitgebreid en absorberend, wat een oneindig veld van lokale affecten suggereert. En in tegenstelling tot het fotografische kiekje, dat een moment uit de stroom van manifestaties lijkt te isoleren, slagen de afbeeldingen van Schlieren er op de een of andere manier in een kinematica van de ruimte te verduurzamen, terwijl de krommingshoek en de gestreepte

tussenruimte gelijktijdig evenzeer een toestand uit het verleden impliceren als op een toekomstige transitieodus anticiperen. Schlieren-fotografie snijdt letterlijk een dwarsdoorsnede uit een oscillerende faseruimte, een ruimte die vanuit de positie van toehoorder neerkomt op een soort verruimtelijkted tijdsduur. Als de akoestische ruimte eenmaal zijn intrede heeft gedaan in het domein van het zichtbare, worden trillingen zelf optische substanties, die zich onbeholpen een plaats moeten gaan verwerven tussen de andere 'dingen' in de wereld.

Bij gebrek aan technische mogelijkheden om absolute geluidsintensiteit te meten, wendde de grondlegger van de architectonische akoestiek, Wallace Sabine, zich tot technieken om geluid te visualiseren om vraagstukken over kamer-akoestiek op te lossen. Nadat hij met succes de hyperbolische curve bepaald had die de relaties tussen het volume van auditoria in kaart bracht, de soort oppervlaktemateriaal ervan en een hoeveelheid hoorbare 'weerkaatsingstijd', ging hij over tot het onderzoeken van complexere reflectie- en refractiefenomenen, deze keer met behulp van de fotografische techniek van Toepler.⁵ De noodzaak van Sabine om optisch-sonische transcriptiemethoden te gebruiken, was meer dan een gemakkelijke oplossing. Om de exacte relaties tussen een akoestisch verschijnsel en een corresponderend gebouw te beschrijven, diende Sabine de architectuur van binnenuit te bekijken, terwijl hij een standpunt innam van waaruit inzichtelijk was dat frequenties correspondeerden met onderscheiden fysieke afmetingen. De hoorbare frequenties van twintig tot twintigduizend cycli per seconde die de diverse gestemde tonen op de toonladders onderbreken, zijn precies dezelfde als de frequenties die de sonische afstandenlijnaal definiëren. Bij Sabine correspondeerde de toonladder met een ineenschuivende rekenlijnaal die afstanden tussen 17 millimeter en 17 meter lengte overbrugde.⁶

Voor het werk van Sabine bleek het overnemen van de Schlieren-methode van Toepler effectief te zijn: het resulteerde in enkele van de vroegste omschrijvingen van schaalmodellen van de reflectie en straalbreking van golfvronten tegen complexe

⁴ Met name de natuurkundige R.W.Wood maakte gebruik van de Schlieren-methode van Toepler om een reeks opeenvolgende afbeeldingen te publiceren waarop geluid te zien is in verschillende stadia van reflectie, terugkaatsend van een verscheidenheid aan geometrische oppervlakken. Het primaire doel van deze akoestische afbeeldingen was het gedrag van optische fenomenen te illustreren. Robert W.Wood, *Physical Optics*, New York 1905.

⁵ Voor een beschrijving van de historische afstamming van het onderzoek van Sabine in relatie tot de transformerende contextuele achtergrond van de Amerikaanse *soundscape*, zie Emily Thompson, *The Soundscape of Modernity. Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900-1933*, Cambridge 2002. De beschrijving van Thompson is bijzonder veelzeggend met betrekking tot het werk van Sabine, omdat hij het onderzoek van die laatste in verband brengt met de veel ruimere ontwikkelingen binnen de auditieve techniek en praktijk van dat moment, op een manier die suggereert welke invloed dergelijk onderzoek had op de gangbare luisterpraktijk, bouwverordeningen en esthetisch-culturele inzichten in geluid.

⁶ De snelheid van geluid door lucht zal variëren afhankelijk van klimaat, relatieve vochtigheid en hoogte, maar blijft constant door de frequenties heen. De snelheid van geluid door droge lucht op zeeniveau bij een omgevingstemperatuur van 20°C verspreid zich met 343 meter per seconde. Met andere woorden, de klank die het oor waarneemt als een 'A' zal een corresponderend patroon hebben dat zich elke 78 centimeter in de lucht herhaalt.

affecting a single wave front echoing through a modelled space. But it is in a more arcane drawing, predating the *schlieren* photographs, that Sabine fully comprehends the spatial structuring of propagating frequencies. A drawing from 1910 charts the spatial pattern generated by a constant 248 Hz sine wave in a closed rectangular room. To achieve this map of a laboratory room at Harvard University required the construction of an elaborate rotating pulley mechanism that could translate a horizontal spiral section of localised vibrations into a scalar registration on a linear filmstrip. The final line drawing infers the geo-spatial borders of relative loudness from the point-to-point transcription of vibration intensity registered on the filmstrip.⁸ The resultant image is a topographic amplitude map tracing the peak-and-trough interference structure generated through the interaction of emitted and reflected sounds within a confined room. It is more than mere technical ingenuity that is reflected in this drawing, as it makes palpable, possibly for the first time, the invisible architecture of standing wave patterns that emerges when tone is taken out of the ear and placed instead into architectural space.

When sound traverses distance, it leaves a trace that unravels the time of its source. This time-pressure tapestry, in turn, extends towards all the dispersed surfaces and objects. At the same time, sound culls and preserves all of these chance encounters by imprinting slight irregularities into the chromo-weave of the progressing sound structure. The timbral characteristics as well as the environmental-spatial context inhabit this fabric as encoded possibilities. And within this tangled matrix the entire spatialised coherence is bundled up such that each singular presence interpenetrates all others. Then, to translate this vast acoustics into discrete images entails the pausing of vibration where frequency neatly aligns with geometric space and thus conforms to the traditional codes of architectural representation. Seen through Toepler's lens, energy-phase is ascribed an equivalence of gradient schemes. It would seem that to deliver sound into a world of

appearances is also to give the intangible a name and a face, potentially fixing limits to a realm where there are none. Within vibrations themselves, there are no abrupt boundaries, no distinctive thresholds, only heterogeneous continuities afloat on a flux of becoming.⁹

To hear space is to derive a spatiality from a temporal event. To see sound is to wrap that same temporality in a tangible cloak. For the listener, the distant unfolds from within the ear by way of tactile interactions, where on the intimate surface of the ear, a sonic fragment effortlessly sets forward an impression of the whole. Though once the image of an acoustic space of interactions begins to exert its presence back into the chambers of hearing, it would seem that even the most attentive listening plumbs only one facet at a time from myriads of interlocking event-structures comprising the entire field of sounds.

Maybe it is in Edouard-Léon Scott's phonoautograph that one can find the most enigmatic formulation of a materiality of sound, as the device neither describes the multitude of auditory spaces nor reconstructs a space of vibrations, it simply adds a distance to a one-dimensional oscillation and by doing so preserves the immensity of an auditory scene by balancing it in the thickness of a continuous line. It is this simple contour that somehow manages to chart the pulsating flutter from which to derive the full gamut of embodied sonic experience.

The materialisation of time-in-motion represented in Edouard-Léon Scott's physicalised waveform also anticipates Edison's tinfoil phonograph (a device that literally makes objects from sounds), predating it by some 20 years. The same waveform also has managed to wiggle its way into modern times by becoming the baseline interface representation in a multitude of audio-related software. By avoiding the traps of depiction, the waveform is directed towards the material properties of time, and instead of providing a space, it summons up a curious roadmap through which to navigate the material shivers of sound within a particular tremble of time.

8
A detailed description of the setup can be found in Paul E. Sabine, *Acoustics and Architecture* (New York/London: McGraw-Hill Book Co., 1932), 40-46.

9
Just as the dawn of cinema threatened to relegate the idea of 'motion' to a sequence of freeze-frames, Henri Bergson proposed distinguishing between divisible trajectories and a realm of 'real movements', described at length in his book *Time and Free Will: An Essay on the Immediate Data of Consciousness* first published in 1889. In a similar vein, it would seem that the interphometric-space immobilised on the photographic plates of Toepler requires the contentions set forth in Ernst Mach's realm of 'elements' (*Elemente*) proposed in his book *The Analysis of Sensations and the Relation of the Physical to the Psychological* from 1897. It is within Mach's description of the primordial expanse of all-things-possible that the static gradient bands of Toepler's image become dislodged from the firm grip of the mind's eye and are cast back into the shivering tangle of propagations.

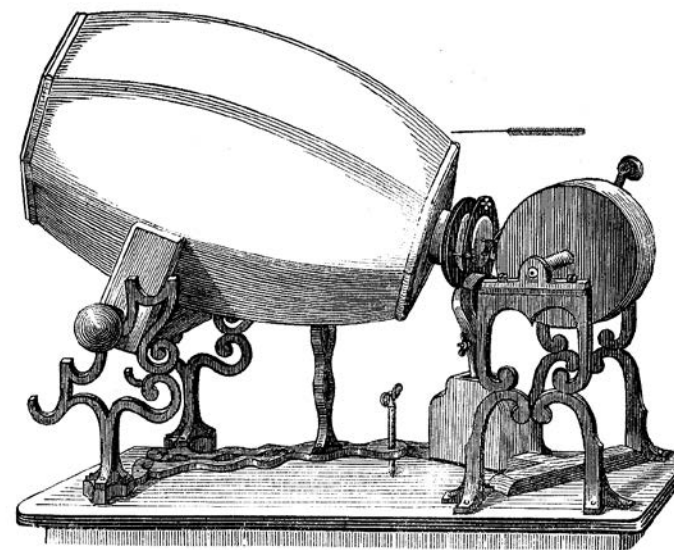
geometrieën binnenskamers. In deze studies werden gipsen doorsnedenmodellen (voornamelijk gebaseerd op bestaande concertzalen en theaters) gebruikt om de propagerende golven direct door het open model tegen een fotografische plaat aan te drijven.⁷ In de afbeeldingen verschijnen reflecterende echo's als opeenvolgende beschaduwde halvemannen met uiteenlopende krommingen – alsof de lokale spanningsaanpassingen in kaart worden gebracht van het een of andere steeds harder trillende gigantische membraan dat over de architectonische ruimte is gespannen. Wat uit deze doorsnedenstudies naar voren komt, is de superpositie van ruimte en haar schaduw: een onderdompeling van een tektonisch definitief kader in een vaag brouwsel van diffuse differentiatie. De ene ruimte is vertrouwd en de andere ver weg en abstract, maar op de een of andere manier is op de afbeeldingen te zien dat deze ruimten communiceren. Door de lens van geluid wordt elke holte een propositie voor een verwachte dialoog met kruisende drukfronten, alsof de grafische lijnen van de architectonische sectie al met een impliciet gemompel resoneren.

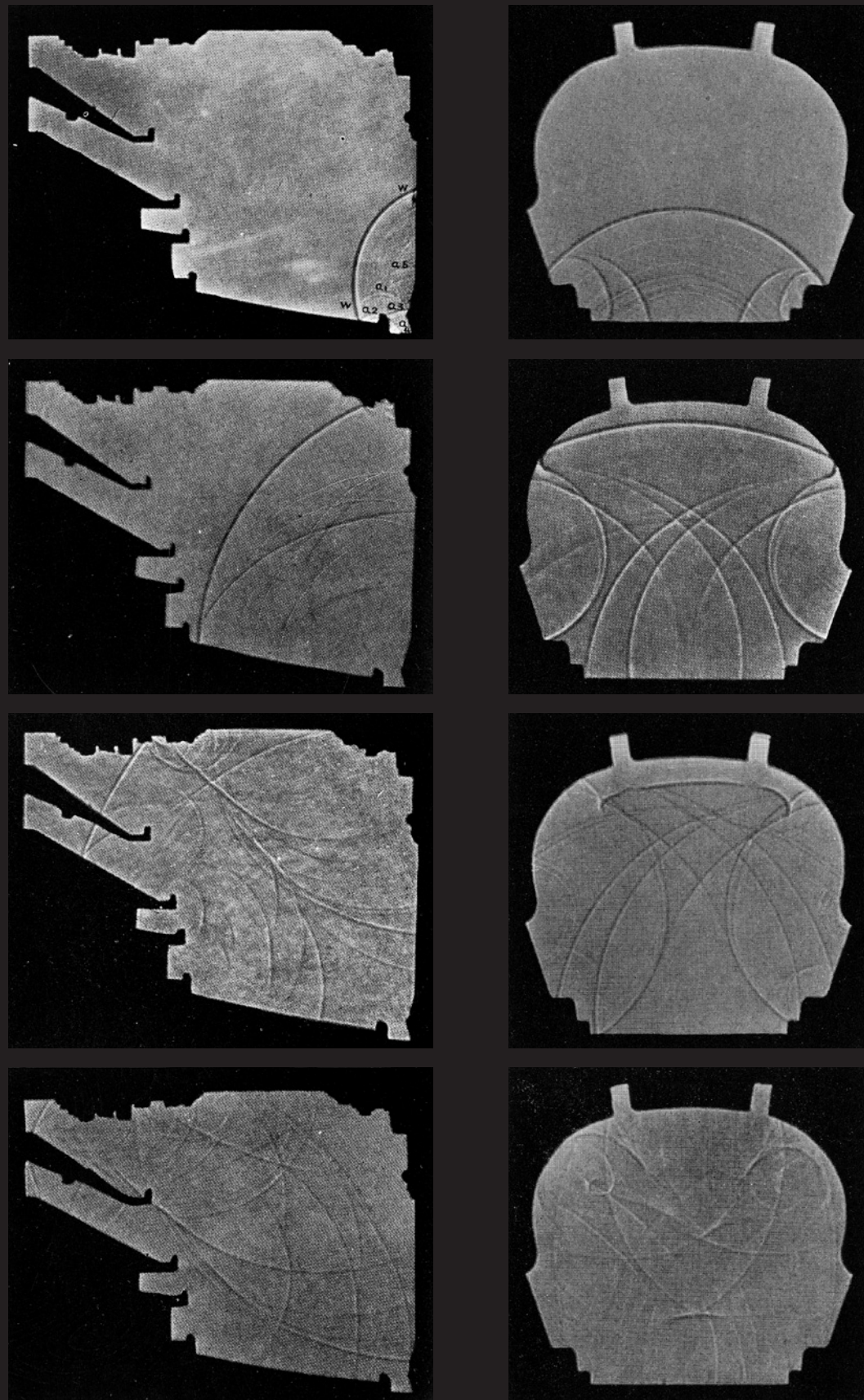
De Schlieren-techniek bleek goed van pas te komen bij het beschrijven van entropische permutaties die een enkel golf-front beïnvloedden dat door een model-ruimte echode. Maar het is in een aan de Schlieren-foto's voorafgaande, geheimzinnige tekening dat Sabine de ruimtelijke structuur van propagerende frequenties ten volle doorziet. Een tekening uit 1910 brengt het ruimtelijke patroon in kaart dat een constante sinusgolf van 248 Hertz genereert in een gesloten rechthoekige kamer. Om deze kaart van een laboratorium-ruimte aan de universiteit van Harvard tot stand te brengen, was het noodzakelijk een gedetailleerd roterend katrolmechanisme te construeren dat een horizontale spiraalvormige sectie van gelokaliseerde trillingen kon vertalen naar een scalaire registratie op een lineaire filmstrook. De uiteindelijke lijntekening leidt de georuimtelijke grenzen van relatieve luidheid af uit de puntsgewijze transcriptie van trillingsintensiteit die zich op de filmstrook aftekent.⁸ De resulterende afbeelding is een topografische amplitudekaart die de structuur van de interferentie tussen de piek en het golfdal traceert die gegenereerd wordt door de interactie van

7
Sabine beschrijft de procedure: 'De formatie en propagatie van echo's kan voortreffelijk worden bestudeerd door aanpassing van een Zogenaamd Schlieren-methode-apparaat voor het fotograferen van verstoringen van de lucht. Het volstaat hier te zeggen dat de aanpassing van deze methode aan de onderhavige vraagstuk bestaat in de constructie van een model van het te bestuderen auditorium op een passende schaal en het onderzoeken van de propagatie van een passend gestemde geluidsgolf er doorheen. Om de formatie van echo's in een verticale sectie te onderzoeken, worden de zijkanalen van het model afgenomen en terwijl er geluid door circuleert, wordt het bliksemsnel belicht door het licht van een kleine en elektrische vonk op enige afstand. [De resulterende foto's] tonen het geluid en zijn echo in verschillende stadia van hun propagatie door de kamer.' Wallace C. Sabine, *Collected Papers on Acoustics*, New York 1964, p. 236.

8
Een gedetailleerde beschrijving van de opstellingen is te vinden in Paul E. Sabine, *Acoustics and Architecture*, New York/Londen 1932, p. 40-46.

<
De Scott-Koenig-fonoautograaf en corresponderende golfvorm. Dit apparaat, ongeveer twintig jaar eerder uitgevonden dan de fonograaf, genereert een visuele bewerkingsmethode van geluid zonder de mogelijkheid dit geluid af te spelen. Scott-Koenig's phonoautograph and plotted waveform. This device, predating the invention of the phonograph by some twenty years, presents an early transcription method of sound into a visual medium without a corresponding means of play back.





geëmitteerde en gereflecteerde geluiden binnen een besloten ruimte. In deze tekening komt méér tot uitdrukking dan alleen technisch vernuft want ze maakt, misschien wel voor het eerst, de onzichtbare architectuur van staande golfpatronen manifest die verschijnt wanneer klank uit het oor wordt genomen en in plaats daarvan in de architectonische ruimte wordt geplaatst.

Wanneer geluid afstanden doorsnijdt, laat het een spoor achter dat de tijdsduur van zijn bron ontrafelt. Deze tapisserie van tijd-druk strekt zich op haar beurt uit naar alle verspreide oppervlakken en objecten. Tegelijkertijd selecteert en preserveert geluid al deze toevallige ontmoetingen door kleine onregelmatigheden in het chromoweefsel van de zich ontwikkelende geluidsstructuur te griffen. Zowel de klankkleurkenmerken als de omgevingsruimtelijke context bewonen dit weefsel als gecodeerde mogelijkheden. En in deze verklitte matrix is de gehele verruimtelijkte coherentie zodanig ingepakt dat elke enkelvoudige presentie alle andere grondig doortrekt. Vervolgens brengt het vertalen van deze uitgestrekte akoestiek naar afzonderlijke afbeeldingen de onderbreking van de trillingen met zich mee, waarbij frequentie netjes op één lijn komt te liggen met geometrische ruimte en zich zodoende conformeert aan de traditionele codes van architectonische representatie. Gezien door de lens van Toepler wordt aan de energiefase het equivalent van gradiëntschemata's toegeschreven. Het lijkt erop dat wie geluid overbrengt naar de wereld van de verschijnselen ook het immateriële een naam en een gezicht geeft en in potentie grenzen stelt aan een domein dat die niet kent. Binnen de trillingen zelf bestaan er geen abrupte grenzen en geen onderscheidende drempels, alleen heterogene continuïteiten die meedrijven op een stroom van manifestaties.⁹

Wie ruimte hoort, leidt ruimtelijkheid af uit een temporele gebeurtenis. Wie geluid ziet, wikkelt diezelfde temporaliteit in een tastbaar omhulsel. Voor de toehoorder ontvouwt hetgeen veraf is zich vanuit hetgeen dichtbij is door middel van tastbare interacties waarbij, op het strikt persoonlijke vlak van het oor, een sonisch fragment moeiteloos een indruk geeft van het geheel. Maar zodra de afbeelding van een akoestische

interactieruimte haar aanwezigheid binnen in de gehoorsholten begint te doen gelden, lijkt het alsof zelfs de meest oplettende toehoorder slechts één facet tegelijk kan peilen uit de myriaden van met elkaar verbonden verschijnselstructuren die de gehele reikwijdte van het geluid vormen.

Misschien dat men in de fonautograaf van Edouard-Léon Scott de meest mysterieuze formulering van de materialiteit van het geluid kan vinden, daar het apparaat noch de grote hoeveelheid auditieve ruimten beschrijft, noch een trillingsruimte reconstrueert, maar eenvoudig een afstand toevoegt aan een eendimensionale oscillatie en daardoor de onmetelijkheid van een auditieve omgeving conserveert door in balans te blijven binnen de dichtheid van een ononderbroken lijn. Het is deze eenvoudige contour die er op de een of andere manier in slaagt het pulserende gefladder in kaart te brengen waaraan het hele gamma aan belichaamde sonische ervaringen ontleend moet worden.

De materialisatie van tijd-in-beweging die gerepresenteerd wordt door de gefysicaliseerde golfvorm van Edouard-Léon Scott anticipeert ook op de aluminiumfoliefonograaf van Edison – een apparaat dat letterlijk objecten maakt van geluiden – en gaat daar ongeveer twintig jaar aan vooraf. Dezelfde golfvorm is er ook in geslaagd zich de moderne tijd binnen te wurmen door zich te manifesteren als de gangbare representatie van een interface in de enorme hoeveelheid audiogerelateerde software. Door de valkuilen van de voorstelling te vermijden, is de golfvorm gericht op de materiële eigenschappen van de tijd, en verschaft geen ruimte maar roept in plaats daarvan een curieuze wegenkaart op waarmee de materiële scherven van het geluid kunnen worden gemanoeuvrerd binnen een specifieke trilling van de tijd.

Vertaling: InOtherWords, Maria van Tol

<
Wallace C. Sabine. Fotografische doorsneden van de beweging van geluidsgolven volgens de Schlieren-methode in maquettes van het New Theatre, New York, rond 1913
Wallace C. Sabine. Schlieren method photographic sectional studies of sound-wave propagation through scale models of the New Theatre, New York, circa 1913

9
Net toen de opkomst van de cinema het begrip 'beweging' tot een aaneenschakeling van filmfoto's dreigde te degraderen, stelde Henri Bergson voor onderscheid te maken tussen scheidbare banen en een domein van 'echte bewegingen', hetgeen hij uitgebreid beschreef in zijn boek *Essai sur les données immédiates de la conscience*, dat voor het eerst verscheen in 1889. In dezelfde geest: het lijkt alsof de op de fotografische platen van Toepler stilgezette interferometrische ruimte de opvattingen vooronderstelt die zijn uitgezetter in het domein der *Elemente* dat Ernst Mach introduceerde in zijn boek *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen* 1897. Het valt binnen Machs beschrijving van de oorspronkelijke expansie van 'alle mogelijke dingen' dat de statische gradiëntstroken op Toeplers afbeeldingen zich losmaken uit de vaste greep van het geestesoog en teruggeworpen worden in de sidderende propagatie van ongedifferentieerde materie.