



Abbildung 2: Vermeintliche Schallstrahlen, die Carl Ferdinand Langhans in einen idealisierten kreisrunden Theatergrundriss einzeichnete.

## Akustemologie des Theaters

Susanne Holl bescheinigte der Arbeit des jüngeren Langhans, die seinerzeit „minutiöseste Strahlenverfolgung“<sup>51</sup> darzustellen. Dies muss beim temporalen Wort genommen werden. Langhans' Schallstrahlen stellten explizit Zeitgrößen dar, da sie „Zeitmaasse“<sup>52</sup> bzw. „Zeit-Räume“<sup>53</sup> geometrisierten, wie er schrieb. Damit eröffne-

51 Holl, Susanne (2001): „Strahl und Welle. Bilder des Schalls um 1800“, in: Christoph Hoffmann/Peter Berz (Hrsg.), *Über Schall. Ernst Machs und Peter Salchers Geschoßfotografien*, Göttingen, 171-198, 190.

52 Langhans (1810): *Ueber Theater*, 27.

ten sie einen symbolischen Raum, der noch für die späteren Schematisierungen von Radar- und Sonarortungen maßgeblich sein wird, weil Zeit- als geometrische Längenunterschiede graphisch darstellbar wurden. Langhans verfolgte eine nahezu akribische Tabellarisierung von Schalllaufzeiten in Innenräumen und maß die Länge der hypothetischen Schallstrahlen, die er auf dem Papier konstruierte. Unsichtbare Signallaufzeiten, Delays, waren Linien auf Papier geworden (vgl. Abb. 2). Auf deren Basis ermittelte Langhans Laufzeitdifferenzen zwischen direktem und reflektiertem Schall und kommentierte, ob diese lediglich eine akustische „verlängerte Verstärkung“,<sup>54</sup> mithin einen Nachhall bewirkten oder ob sie ausreichten, ein störendes Echo zu bilden. Das Besondere bei Langhans ist – im Unterschied zu theaterarchitektonischen Schriften vormals –, dass seine Visualisierung von Schallstrahlen einen temporalen Index trug. Pattes Strahlentheorie konnte zwar erklären, warum Klänge an bestimmten Punkten im Theaterraum lauter oder leiser waren, da sich an bestimmten Punkten seiner Darstellung mehr oder weniger Schallstrahlen kreuzten. Seine Methode war aber außerstande, Nachhall- oder Echophänomene strahlentheoretisch herzuleiten. Langhans erweiterte dies, insofern seine Schallstrahlen auch Signallaufzeiten abbildeten, die das sukzessive Verklingen von Akustik geometrisch abbildeten, wie er schrieb: „Der Schall, der entsteht, muß also darin sterben, das heißt, die Vibration desselben in der Luft wird so lange in der Strahlenförmigen Bewegung fort dauern, bis seine Kraft nach und nach abnimmt, und am Ende verlischt.“<sup>55</sup>

Allerdings war Langhans' graphische Methodik mit dem Mangel behaftet, auf die analoge Basis von Stift und Papier verwiesen zu sein. Aus diesem Grund ist seine geometrische Formalisierung von Schallausbreitung keine chronometrische: Sie integrierte keine Verfahren der apparativen *Delaymessung*. Zudem prägte die Spezifität seines Aufschreibesystems eine zweidimensionale, d.h. flache statt räumliche Bildlichkeit des Schalls aus – wobei sich Langhans der damit einhergehenden Komplexitätsreduzierung durch sein verwendetes Medium bewusst war.<sup>56</sup> Dennoch darf Langhans' Arbeit als wegweisend für diese Untersuchung gelten. Sein Interesse galt weniger dem semantischen Sinngehalt von Theaterskripten, sondern medialen Aspekten der situierten *Übertragung*, *Reflexion*, *Verstärkung* (ein Begriff, den seine Zeitgenoss:innen explizit nutzten) und *Konzentration* von

---

53 Vgl. ebd., 30-31.

54 Ebd., 28.

55 Ebd., 30.

56 Ebd., 22.

Schall in konkreten Theaterräumen, mithin einer Akustemologie des Theaters, die Schalllaufzeiten – Delays – als zeiträumlichen Akteur thematisierte.<sup>57</sup>

Was um 1800 zutage trat und sich auf Papier fixierte, war eine prototypische „Raumakustik“ – eine Disziplin, die begrifflich erst auf die Wende vom 19. ins 20. Jahrhundert datiert und in der Literatur untrennbar mit Clement Wallace Sabine verbunden ist. Dieser stellte im Fogg Museum of Art in Harvard die akustischen Defizite eines seinerzeit neu installierten Vorlesungssaals auf eine replizierbare Grundlage. Als 1895 an der Harvard University das Fogg Art Museumsgebäude fertiggestellt worden war, erwies sich sein amphitheatralischer Vortragssaal entgegen aller Erwartungen als völlig unbrauchbar: Es kam zu Echofahnen, die die Verständlichkeit von Vortragenden schmälerte oder gar gänzlich annullierte. Die Harvard University übertrug die Lösung des Problems ihrem Physikinstitut, welches wiederum ausgerechnet ihren jüngsten Mitarbeiter, Sabine, mit diesbezüglicher Forschung betraute. Weder war Sabine ausgewiesener Fachkenner der angewandten Akustik noch waren ihm die hier kursorisch angeführten theaterarchitekturtheoretischen Schriften bekannt. Sabine war entsprechend auf den Status eines Experimentalwissenschaftlers verwiesen. Er führte Experimente zur Nachhallzeit und Schallabsorption durch und übersetzte seine gewonnenen Erkenntnisse in eine wissenschaftlich universalisierbare Basis, die nicht nur Geltungsanspruch innerhalb der konkreten Räume seiner Forschung beanspruchte: Er brachte die Nachhallzeiten von architektonischen Innenräumen auf eine Formel. Diese deklarierte Raumvolumen und schallabsorbierende Flächen als kritische Faktoren.<sup>58</sup> Damit schuf er die Grundlage, an den akustischen Charakteristika von Gebäuden zu partizipieren, bevor diese gebaut worden waren. Demgemäß berechnete er die seinerzeit künftige Raumakustik der Boston Symphony Hall. Diese Begründung der Disziplin darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass zur Zeit von Sabines Arbeiten die Bauakustik älter war, da bereits Langhans seine Arbeiten im architektonischen Diskurs seinerzeit verortete.

Dieses Kapitel machte mit Blick auf Formen akustischen Wissens in der Architekturgeschichte und ihrer Praxis um 1800 deutlich, dass zum einen die diskursiven Auseinandersetzungen mit dem Klangraum architektonischer Installationen älteren Datums sind als die vermeintliche Begründung der Disziplin durch Sabine. Zudem zeigte sich, dass die praktischen, d.h. empirischen und protowissenschaftli-

---

57 Der Anthropologe Steven Feld prägte den Begriff der „Akustemologie“ als Neologismus der Worte Akustik und Epistemologie, um Klänge als Wissens- und Erkenntnismodi zu beschreiben, vgl. Feld, Steven (2018): „Akustemologie“, in: Daniel Morat/Hansjakob Ziemer (Hrsg.), *Handbuch Sound*, Stuttgart, 2-7.

58 Vgl. Sabine, Wallace C. (1923): „Reverberation“, in ders., *Collected Papers on Acoustics*, Cambridge, MA, 3-68.

chen Verhandlungen des *Nachhalls* in Innenräumen von Theatern auf die Zeit um 1800 datieren. Dort trat Delay als autonomer *Akteur* hervor und gab sich zu wissen bzw. genauer: zu *hören*. Delay hatte im Kontext auditiver Theaterästhetik eine explizit soziopolitische und architekturtheoretische Handlungsmacht bekommen und war damit nicht länger ein marginalisiertes physikalisches Phänomen, das lediglich für einen exklusiven Zirkel von Physiker:innen von Interesse war. Im Kontext der Theaterarchitektur fand akustisches Wissen seine erste praktische Materialisierung, wie sie bei Langhans (dem jüngeren) bereits angelegt war. War das Wissen um Echoschwelle, Nachhall, Reflexion usw. vormals ein weitgehend zweckfreies, fand es nunmehr gesamtgesellschaftliche Relevanz. Denn Schauspielhäuser adressierten seit circa 1800 ein breites Publikum und ein erstarkendes Bürgertum interpretierte Theatervorstellungen und Konzerte als Insignien ihrer kulturellen Stellung. Statt in exklusiven Experimentaldiskursen weniger Wissenschaftler:innen verortet zu sein, stießen akustische Fragen von Delays auf die offenen Ohren eines Theaterpublikums.

Es waren die architektonischen Räume der Konzert- und Schauspielhäuser, in denen Delay als Störung virulent wurde, sich als handlungsmächtiges akustisches Phänomen in Inszenierungen einschrieb und dadurch in den Fokus rückte. Im Diskurs und der empirischen Praxis der Theaterarchitektur erlangten Delays eine kritische *agency*, die nach wissenschaftlicher Formalisierung verlangte und damit die wissenshistorische Grundlage für spätere Operationalisierungen von Signallaufzeiten darstellte bzw. die buchstäbliche Bühne für diese bereitstellte. Delay hatte als Akteur die theatrale Bühne betreten.<sup>59</sup>

Grundsätzlich stimmten alle bisher angeführten Autor:innen darin überein, dass im Theaterraum der auf der Bühne produzierte Schall nicht allein auf direk-

---

59 Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass das Wissen um Theaterakustiken seinerzeit nur wenig zirkulierte und rezipiert wurde; auch spätere Hörsäle wurden eher nach optischen Belangen errichtet. 1869 schrieb Rodolphe Radau in seiner *Lehre vom Schall* über die „lästige Sonorität“ von Hörsälen, Theatern und Kirchen, „wodurch die Worte des Redners unverständlich werden“: So sei die Aula der Pariser Kunstakademie „einer der schlechtesten Hörsäle, die es giebt, trotz der prachtvollen Fresken“; ebenso sei das „chemische Auditorium in München“ aus diesem Grunde inwendig mit „Wollenzeug“ ausgekleidet worden, um Nachhalleffekte zu vermeiden; und in „der Paulskirche zu Boston versteht man den Prediger nur einmal im Jahre, um Weihnachten, weil an diesem Tage die Kirche ausnahmsweise ausgeschmückt wird.“ Vgl. Radau, Rodolphe (1869): *Die Lehre vom Schall. Gemeinsätzliche Darstellung der Akustik*, München, 164 u. 165. Die Klage über die defizitäre Raumakustik von Schauspielhäusern wiederholte sich beim frühen Rundfunk, da die ‚lästige Sonorität‘ der Innenarchitekturen radiophon mit-übertragen wurde; so konstatierte bereits Rudolf Arnheim: „Bei Übertragungen aus Sälen, aber sehr häufig auch im Konzertsaal selbst, verhindert ein zu starker Raumschall die Verständlichkeit der Darbietung.“ Vgl. Arnheim, Rudolf (2001 [1936]): *Rundfunk als Hörkunst und weitere Aufsätze zum Hörfunk*, Frankfurt a.M., 65.

tem Weg das Publikum erreiche, sondern ebenso Ergebnis des architektonischen Theaterraums selbst sei. Wenngleich nicht intendiert, schreibe sich die Materialität der Räumlichkeit in die Übertragungsanordnung ein. Damit fand im Theaterkontext historisch früh eine Fokussierung sonischer Zeit-Raum-Regime und der formatierenden Materialitäten der Kommunikation statt.<sup>60</sup> Was die angeführten Autor:innen jedoch unterschied, waren ihre konkurrierenden oder gar divergierenden Vermutungen hinsichtlich der Gestaltung des Theaterraums, damit dieser für ein Publikum akustisch angenehme Wirkung entfalten konnte. Was dies offenbart, ist die ihrerzeit bestehende Vagheit des akustischen Wissens, das auf keine wissenschaftliche Basis fußen konnte, sondern um welches um 1800 erst gerungen werden musste.

Neben der um 1800 beginnenden akustischen Mathematisierung und Theoretisierung der Innenarchitektur theatraler Bauten, kristallisierte sich um 1850 eine Akustemologie der Architekturpraxis, die programmatisch Joseph Henry oder Jabez Baxter Upham verkörperten. Da nach diesem Kapitel, das sich als *Prelude* versteht, die Mediengeschichte des Delays ebenso mit einem historischen Anbeginn circa 1850 verortet wird, lohnt es, kursorisch auf die Situation der Raumakustik anhand der Arbeiten von Henry und Upham zu fokussieren.

Die etwa zur Mitte des 19. Jahrhunderts gebaute Lecture Hall der Smithsonian Institution in Washington, DC, folgte den raumakustischen Empfehlungen, die ihr damaliger erster Sekretär Joseph Henry äußerte. In dieser Lecture Hall erfuhren seine experimentellen Forschungen zur Wahrnehmungsphysiologie des Hörens in architektonischen Innenräumen eine erste Materialisierung.<sup>61</sup> In der Forschungstradition derer stehend, die Schallgeschwindigkeiten nicht mathematisch herleiteten, sondern experimentalpraktisch maßen, trat Schall zuvor bei Henry in seiner Doppelfunktion zutage: als *Objekt* und volatiles *Instrument* der Forschung, da er die menschliche Echoschwelle auf Basis des Schalls *empirisch* bestimmte. Schall fungierte für Henry sowohl als Gegenstand als auch Produzent von Wissen und führte schließlich zu einer elaborierten Definition des Nachhalls:

„Reverberation is produced by repeated reflection of a sound from the walls of the apartment. If, for example, a single detonation takes place in the middle of a long hall with naked

---

60 Diese Hinwendung zur Materialität der Kommunikation begleitete maßgeblich die Frühphase der elektrischen Telegraphie – allerdings erst Jahrzehnte später. Bspw. fanden die wegbereitenden Experimente von Wilhelm Weber und Carl Friedrich Gauß zur Telegraphie, die in der ersten erfolgreichen elektrotelegraphischen Nachrichtenübertragung in Göttingen mündeten, erst 1833 statt.

61 Vgl. Henry, Joseph (1856): „On Acoustics Applied to Public Buildings“, in: *Tenth Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution*, Washington, D.C., 221-234.

and perpendicular walls, an impulse will pass in each direction, will be reflected from the walls, cross each other again at the point of origin, be again reflected, and so on until the original impulse is entirely absorbed by the solid materials which confine it.”<sup>62</sup>

Ebenso widmete sich zur Mitte des 19. Jahrhunderts Jabez Upham dem physikalischen Phänomen des Nachhalls. Explizit verwies er auf die ästhetischen Qualitäten des Nachhalls, erwähnte aber auch ein Negativbeispiel: die Vortragsäle des Girard College in Philadelphia. 1846 besuchte er die insgesamt acht Vortragsräume, die sich zu dieser Zeit noch im Bau befanden, „and then ventured the prediction that they could never be made to serve the purpose for which they were intended, unless altered from their original form, owing to the excessive amount of reverberation engendered.”<sup>63</sup> Betrugten die Nachhallzeiten in den Räumen bis zu 6 Sekunden, konnte Upham diese durch das Anbringen von Papier und Wolle an den Innenwänden auf 4 Sekunden reduzieren; das Anbringen von Stoff quer durch die Räume verringerte den Nachhall auf lediglich eine halbe Sekunde. Seine daraus resultierenden Überlegungen und Empfehlungen zur innenarchitektonischen Gestaltung von Hörsälen fasste Upham in Beiträgen unter programmatischen Titeln wie „Acoustic Architecture“<sup>64</sup> zusammen.

Weniger worüber Henry und Upham in ihren Schriften konkret schrieben, ist retrospektiv bezeichnend für den Umgang mit dem Akteur Delay im Kontext der Architekturtheorie um 1850. Interessant ist vielmehr, worüber sie *nicht* schrieben. Als programmatische Repräsentanten der Architekt:innen-Szene um 1850 reflektierten sie über Nachhall und darüber, dass Schall Geschwindigkeiten habe – aber es fehlte ihnen an einem apparativen, messtechnischen Instrumentarium, eben jenen Nachhall oder die wiederholten Schallreflexionen in Innenräumen mathematisch zu konkretisieren. Schall- oder zeitmessende Apparaturen markieren den blinden Fleck ihrer Forschung.<sup>65</sup>

Bereits der ältere Langhans hatte in seinen Schriften akustische Zeit-Raum-Regime antizipiert, wie sie für moderne Medientechnologien des Delays konstitu-

---

62 Ebd., 226.

63 Upham, J. Baxter (1853): „A Consideration of some of the Phenomena and Laws of Sound, and their application in the Construction of Buildings designed especially for Musical Effects“, in: *The American Journal of Science and Arts* 15(44), 215-225 u. 348-363, 348.

64 Upham, J. Baxter (1852): „Acoustic Architecture, or, the Construction of Buildings with Reference to Sound and the best Musical Effect“, in: *Dwight's Journal of Music. A Paper of Art and Literature* 2(3), v. 23. Oktober, 17-18.

65 Zu apparativen Messtechniken zur Bestimmung von Nachhall, insb. im Unterschied zu den Messtechniken von Clement Sabine, vgl. Tkaczyk, Viktoria (2015): „The Shot is Fired Unheard: Sigmund Exner and the Physiology of Reverberation“, in: *Grey Room* 60, 66-81.

tiv sind, insofern sie mikrotemporale Ökonomien ausprägen. Langhans schrieb von Schallwegen zwischen 50 und 60 Fuß und entsprechenden Echos, die die menschliche Echoschwelle unterschreiten, da sie im „fünf- oder sechshundertsten Theile einer Sekunde“<sup>66</sup> stattfanden. Messen konnte er solche Mikrotemporalitäten jedoch nicht; dafür wäre eine Expertise um technische Apparaturen vonnöten gewesen, die Architekten ihrerzeit nicht vorweisen konnten. Zwar wurde die oben zitierte und für das Selbstverständnis von Theaterarchitekt:innen seit Ende des 18. Jahrhunderts programmatische Formulierung, ein guter Architekt müsse ebenso ein ‚Physikus‘ sein, wiederholt in der Literatur aufgerufen – nur de facto war dies keiner der genannten Architekten. Das physikalische Grundlagenwissen eigneten sie sich lediglich im Selbststudium an, bspw. durch Chladnis *Die Akustik*. Damit betrat der Akteur Delay im Kontext der Theaterarchitektur die buchstäbliche Bühne und den Diskurs und wurde zum ersten Mal praktisch jenseits zweckfreier physikalischer Forschung – er wurde aber nicht experimentaltechnisch formalisiert. Daher ändert sich nun der historische ‚Schauplatz‘ des Delays vom Theater hin zu elektrophysiologischen Laboren um 1850 und einem tatsächlichen ‚Physikus‘: dem Experimentalpraktiker Hermann von Helmholtz.

---

66 Langhans (1800): *Vergleichung des neuen Schauspielhauses zu Berlin*, 4.