

Christoph Cox,⁹⁷ bzw. diese Fokussierung von „vibrational forces“, im Sinne Steve Goodmans,⁹⁸ geht einher mit einer Hinwendung zu physikalischen Aspekten des Sonischen. Diese Arbeit kann demgemäß als Versuch einer praxeologisch beeinflussten Medienarchäologie verstanden werden, die sich einem Ausschnitt der gemeinsam geteilten Wissens-, Praxis-, Medienkultur- und Technikgeschichte der Verzögerung widmet, mithin einem Aspekt einer noch ausstehenden Epistemologie der Übertragung.

Die hier versammelten ‚histories‘ müssen sich der Kritik stellen, dass sie weitgehend ‚his-stories‘ sind. Sie führen nicht nur eine tendenziell westliche, sondern ebenso männlich dominierte Geschichtsschreibung fort. Diese Arbeit basiert auf Primär- und Sekundärquellen und dies ist zum großen Teil eben jenen Quellen geschuldet. Diese stehen repräsentativ für eine Wissenschaftsgeschichte, die nicht-männlichen Akteuren konsequent und systematisch den Zugang zum Diskurs und seinen Archiven verschloss. Die historische Arbeit von Protagonistinnen sichtbar zu machen, ist ein generelles Problem der Wissens-, Wissenschafts-, Medien- und Technikgeschichte. Die Pionierarbeit nicht-männlicher Forschender erfuhr selten eine Dokumentation und eine historiographische Revision männlicher Erfindungsgeschichten auf Basis von Oral History ist – wie im Fall der vorliegenden Arbeit – oft nicht möglich.⁹⁹ Um dem *gender bias* historischer Wissenschafts- und Technikzeitschriften zu begegnen, basiert diese Studie auf einem Quellenfundus, der über männlich dominierte Wissenschafts- und Technikquellen hinausgeht.

Struktur

Signallaufzeiten sind flüchtig und unsichtbar. Im Unterschied zu anderen Medien Geschichten geht für diese Arbeit, ähnlich wie im Fall von Jimena Canales’ *A Tenth of a Second*,¹⁰⁰ die Problematik einher, dass nicht etwas ‚da‘ ist, das historisch rekonstruiert und dessen Wegen historiographisch nachgespürt werden kann – sei dies ein Film, ein Buch, ein Radio, eine Autorin, ein Designer, eine App, eine Infra-

97 Cox, Christoph (2011): „Beyond Representation and Signification: Toward a Sonic Materialism“, in: *Journal of Visual Culture* 10(2), 145-161.

98 Goodman, Steve (2010): *Sonic Warfare: Sound, Affect, and the Ecology of Fear*, Cambridge, MA, bspw. xv.

99 Hierzu grundlegend Wajcman, Judy (2000): „Reflections on Gender and Technology Studies: In What State is the Art?“, in: *Social Studies of Science* 30(3), 447-464; Lerman, Nina/Mohun, Arwenand/Oldenziel, Ruth (2003) (Hrsg.), *Gender & Technology: A Reader*, Baltimore; Oldenziel, Ruth (1999): *Making Technology Masculine: Men, Women, and Modern Machines in America, 1870-1945*, Amsterdam.

100 Canales (2009): *A Tenth of a Second*.

struktur. Ein solches Unsichtbarkeitsproblem stellte sich ebenso Tung-Hui Hus Vorgeschichte der Cloud, wie er schrieb: „To make a book about something as formless as the cloud is inherently a quixotic objective.“¹⁰¹ Wie schreibt man also, im vorliegenden Fall, Mediengeschichten des Delays?

Delays kann man weder sehen, anfassen, fühlen oder schmecken. In manchen Fällen kann man sie hören. In jedem Fall aber kann man sie messen. Und diesbezüglich zeigt sich, dass zunächst Experimentalanordnungen, später mechanische Apparaturen und komplexe elektronische und technologische Arrangements gebaut wurden, genau dies zu tun: Signallaufzeiten datafizieren. Für Delays darf mithin gelten, was Hartmut Böhme mit dem Begriff des „An-Ästhetischen“ benannte: Sie sind den menschlichen Sinnen selten zugänglich, können aber durch mediale Darstellung und Experimentalsysteme beobachtbar *gemacht werden*.¹⁰² Zu diesem Zweck wurden *um das Delay herum* ganze Arsenale technischer Objekte entwickelt, um unsichtbare Signallaufzeiten in Sichtbarkeiten zu übersetzen, Delays in Messdaten zu überführen und auf deren Basis wiederum Antworten auf dringliche Fragen zu geben. Eben jene Messanordnungen, analogen Apparaturen und schließlich elektronischen Medien sind keineswegs unsichtbar – und sie haben weitreichende medienkulturelle Implikationen. Im Fokus jeder Fallgeschichte steht daher mindestens eine solche Experimentalanordnung oder Apparatur bzw. ein Medium.

Im Folgenden will ich kurze Abstracts der Fallgeschichten liefern, um die argumentative Struktur der Arbeit kondensiert abzubilden.

Prelude. Ein Akteur betritt die Bühne. Vor ihrer Operationalisierung galten Delays, wenn sie überhaupt sinnlich erfahrbar waren, als Störungen. In Anlehnung an Bernhard Siegert – für den das Rauschen den „Anfang der Medientheorie, jeder Medientheorie“ darstellt¹⁰³ – ließe sich formulieren, dass die Störung ebenso der ‚Anfang der Mediengeschichte, jeder Mediengeschichte‘ ist. Daher beginnt diese Untersuchung beim Delay als Störung, die sich in Theaterarchitekturen zu hören gab. Die frühen Arbeiten zur Akustizität theatraler Architekturen, die im ausgehenden 18. Jahrhundert aufgrund praktischer Anwendungen entstanden, berührten allesamt Überlegungen über den Zusammenhang von Schallausbreitung und Innenarchitektur; über die Beeinflussung der Schalllaufzeit durch architektonische

101 Hu, Tung-Hui (2015): *A Prehistory of the Cloud*, Cambridge, MA/London, xxv.

102 Böhme, Hartmut (2004): „Das Unsichtbare. Mediengeschichtliche Annäherungen an ein Problem neuzeitlicher Wissenschaft“, in: Sybille Krämer (Hrsg.), *Performativität und Medialität*, München, 215-245.

103 Siegert, Bernhard (2007): „Die Geburt der Literatur aus dem Rauschen der Kanäle. Zur Poetik der phatischen Funktion“, in: Michael Franz/Wolfgang Schäffner/Bernhard Siegert/Robert Stockhammer (Hrsg.), *Electric Laokoon. Zeichen und Medien, von der Lochkarte zur Grammatologie*, Berlin, 5-41, 7.

Formatierungen; oder über das Anbringen schallabsorbierender Materialien an den Innenwänden von Gebäuden. Sämtliche theaterarchitekturtheoretische Schriften, die hierfür konsultiert wurden, eint, dass sie innenakustische Delays zu kontrollieren und manipulieren suchten. Damit stand der theatrale und konzertante Zuschauer:innen-Raum zur Disposition – und zwar nicht evoziert durch Fragen visueller Ästhetik, sondern als Effekt der Laufzeit der Akustik. Man wurde sich bewusst, dass nicht allein durch Schauspieler:innen-Münder verkündete Theatertexte, sondern zuallererst der architektonische Theaterraum selbst gehört wurde. Ein wesentlicher diskursiver und performativer Raum der Entstehung akustischen Wissens des Delays – der ebenso die komplexen Raumwirkungen von Akustik mitunter buchstäblich reflektierte – ist dementsprechend das Theater. Genauer: es waren Architekten, die die akustischen Eigenschaften der Orte ihres Schaffens empirisch und theoretisch zu klären und zu verbessern suchten. Ausgehend von den Arbeiten von Carl Gotthard Langhans und mit einem Fokus auf die Arbeiten seines Sohns, Carl Ferdinand Langhans, widmet sich das Kapitel der aufkommenden Relevanz des Delays jenseits eines elitären Zirkels von Wissenschaftler:innen. In diesem Kontext auditiver Verzögerungen erlangten diese eine ästhetische und zudem immanent soziopolitische Signifikanz: Delay als Akteur betrat die buchstäbliche Bühne und bekam eine Handlungsmacht im Kontext theatraler Übertragungen im architektonischen Rahmen von Innenräumen zugesprochen. Von besonderer Bedeutung ist das *Prelude*, weil das Delay im architektonischen wie diskursiven Theaterraum erstmals eine tendenziell gesamtgesellschaftliche und kulturelle Relevanz erhielt. Von den praktizierenden Architekten wurde dabei eine geometrische, aber keine chronometrische Formalisierung des Delays vorgenommen. Daher handelt es sich bei dieser Vignette um ein Vorspiel. Da keine apparativen Messtechniken in diesem Kontext entwickelt wurden, ändert sich im Folgenden der begründende Schauplatz für die Medien des Delays: Es wird auf ausgewählte elektro-physiologische Experimente von Hermann von Helmholtz fokussiert.

Chronogrammatologie. Die historische Rahmung dieser Untersuchung setzt um 1850 an, weil dies eine erste Hochzeit der Messung der Signalgeschwindigkeiten von Schall und Licht markierte. Dies ging mit einer Konjunktur apparativer Experimentaltechniken einher. Der Fokus liegt auf Hermann von Helmholtz, der allerdings gerade nicht die Geschwindigkeit von Schall oder Licht experimentell zu bestimmen suchte, sondern sich einem Delay biologischer Körper widmete: der Nervenleitgeschwindigkeit. Von besonderem Interesse und maßgeblich für seinerzeit künftige Techniken des operationalisierten Delays ist dies, weil Helmholtz komplexe Anordnungen zur Bestimmung kleinster Zeiteile elaborierte bzw. die seinerzeit bestehenden Verfahren für seine Zwecke adaptierte und verbesserte. Eben jene Messtechniken sollten richtungsweisend für die hier untersuchten Me-

dien werden. Sie operierten mikrotemporal, basierten auf Visualisierungen, waren grundsätzlich technisierte Verfahren der Zeitmessung und stehen programmatisch für die zeitliche Bestimmung räumlicher Übertragungsvorgänge ein. Supplimentiert wird die Vignette von einer kursorischen wissens- und technikhistorischen Exkursion durch chronographische Techniken der Erzeugung temporaler Referenz, um Messungen und mithin ‚Zeichen der Zeit‘ überhaupt in Daten überführen zu können. Das Kapitel versteht sich als eine Vorgeschichte der ersten Apparatur der technisierten, semi-automatisierten Echoortung (vgl. Kap. 3). Denn um diese Apparatur technikhistorisch, medienarchäologisch und epistemologisch zu verorten, sind exakt diese s.g. chronographischen Selbstschreibapparaturen zu fokussieren, wie sie Helmholtz paradigmatisch für sein Erkenntnisinteresse nutzte. Wie zu zeigen sein wird, durchliefen chronographisch operierende Apparaturen, die räumliche Distanzen sonisch vermaßen, vorher Diskurse, die ihnen augenscheinlich nicht innewohnen: Meteorologie, Ballistik und Elektrophysiologie.

Echoortung. Der genealogische Ursprung eines medialen Prinzips. Woher kann ich die Position eines Dings im Raum wissen, das ich weder sehen oder hören kann? Im Kontext der Rohrpost sollte diese Frage apparativ durch ein erstes elektrotechnisches Verfahren der aktiven Lokalisierung beantwortet werden. Bezeichnend ist, dass dieses zugleich die historisch erste Apparatur der Echoortung materialisierte. Echoortung emergierte mithin nicht im militärischen Feld, sondern im zivilen Umfeld von Kommunikationstechnik. Eine epistemologische Genealogie der Vermessung von Räumen auf Basis von Signallaufzeiten, wie sie sich im heutigen NAVSTAR GPS fort schreibt, findet ihren apparativen Ausgangspunkt hier: in der Pariser Rohrpost der 1870er Jahre. Im Sinne einer Wissensgeschichte der Akustik ist diese Frühphase der apparativen Echoortung brisant, da die zu schildernden Apparaturen erste epistemische Objekte sind, die das Wissen um Verzögerung als Wissensfigur des Sonischen aktivierten. Damit hielt Verzögerung als basale Raumfigur der Akustik nach ihrer messtechnischen Konkretisierung zum historisch ersten Mal als Mittel zum Zweck der messtechnischen Bestimmung von Entfernungen her. Tatsächlich invertierte das erste technische aktive Ortungsverfahren schlicht eine Experimentalanordnung, die wenige Jahre zuvor noch der Messung von Schallgeschwindigkeit in Röhren verschiedener Durchmesser diente.

Passivortung. Frühe Hörtechniken des Delays. Das Kapitel nimmt eine von der Forschung vernachlässigte Quelle zum analytischen Ausgangspunkt: einen Vortrag des Wiener Elektrotechniklers Max Jüllig aus dem Jahr 1880. Jüllig fasste seinerzeit das sich jüngst konsolidierende Wissen um Techniken und Praktiken der Produktivierung von Delays in einer prämodernen Medientheorie zusammen. Initiiert wurde seine Reflexion durch seinerzeit existierende, passiv operierende Ortungstechniken. Passiv waren diese, weil sie nicht auf der Aussendung eines Ortungsim-

pulses basierten, sondern das Laufzeitverhalten externer – meist nicht dazu intendierter – Schallquellen zur Entfernungsbestimmung nutzten. Epistemologisch zugespitzt ließe sich aussagen, Jüllig insistierte darauf, dass sich physikalische Medien in ihrer Störung bzw. Widerständigkeit, namentlich ihrer Verzögerungswirkung, zu wissen geben und nicht direkt, sondern lediglich indirekt wahrgenommen werden können. Dieser Ansatz konturierte ein Konzept des Medialen, dessen epistemische Wirkmächtigkeit sich bis in die aktuelle geisteswissenschaftliche Debatte um Medien und Infrastrukturen nachzeichnen ließe. Dass dies zu zeigen nicht in Medienphilosophie abschweift, wird eine Fokussierung apparativer Verfahren der Messung und deren epistemischer Bedingung geleistet. Letztlich wird – bei allen wissenschaftshistorischen Exkursionen und Implikationen, die das Kapitel einschlägt – extrahiert, was medienepistemologisch bedeutsam an den frühen Techniken und Praktiken akustischer Distanzmessung war und welches Wissens historisch invariant über die Grenzen von Diskursen hinweg zirkulierte. Fokussiert wird auf Hörtechniken im Dienste der Distanzmessung, wie sie bereits um 1870 praktiziert wurden und später vornehmlich im Ersten Weltkrieg und im Kontext des frühen Passivsonars erneut virulent wurden – und frühe Formen von Arbeit an und in akustischen Räumen ausprägten sowie zur Entwicklung nachgelagerter Techniken wie frühen *bass boost*-Filtern führten.

Echoloten. Profilierung als Datenproblem. Ozeanographische Forschung kann sich nur bedingt auf direkte Beobachtungen stützen. Die Ozeanographie ist weitgehend eine mittelbare Wissenschaft, was sich an den Praktiken und Techniken ozeanischer Tiefenmessungen zeigt. Das Bild der Tiefe ist auf Instrumente der Datenproduktion verwiesen, die mitunter unter der Wasseroberfläche agieren. Meeresforschung, die sich den Tiefenschichten der Ozeane widmete, ist dadurch an technische Geräte gekoppelt. Tiefenbilder als visuelle Konstruktionen der Weltmeere formierten sich in diesem Kontext auf Basis möglichst umfangreicher Datenmengen. Von Interesse sind in diesem Kapitel aber weniger die „Repräsentationen dieses abstrakten Gegenstandes Tiefe“¹⁰⁴ – Bilder –, sondern vielmehr die ihnen vorgelagerten Apparaturen und Praktiken der Datenproduktion und -zirkulation, die die bildliche Konkretisierung und schließlich Stabilisation der im besten Sinne unsichtbaren Meeresböden bedingten. In diesem Kontext war es die Konstruktion erster hydroakustischer Medien, die einschneidende Auswirkungen auf Praktiken der Tiefenmessung hatten, und welche zudem die wohl ersten Medien waren, die ihre Delay-epistemische Bedingung im Namen trugen: Echolote. Als

104 Höhler, Sabine (2002): „Dichte Beschreibungen“. Die Profilierung ozeanischer Tiefe im Lotverfahren von 1850 bis 1930“, in: David Gugerli/Barbara Orland (Hrsg.), *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Herstellung von Selbstverständlichkeit* (Interferenzen 2), Zürich, 19-46, 19.

praktisch sollten sich Echolote mit geringer Lottiefe vornehmlich für die Navigation in Küstennähe erweisen, wo es gilt, bei schlechten Sichtverhältnissen ein Stranden zu vermeiden. Wichtig war dies insbesondere für Küstenlinien, die ihrerzeit aufgrund der dortigen meteorologischen Bedingungen noch nicht valide vermessen worden waren wie bspw. das Gebiet um die Inselgruppe Südgeorgien im Atlantischen Ozean. Tiefsee-Echolote sollten dahingegen ihren Anteil vornehmlich an der ‚Vermessung der Unterwasserwelt‘ tragen, da sie Meeresgewässer vertikal bestimmten und Tiefenkarten der Weltmeere auf echolotischer Datenbasis erstellt wurden. Bevor Echolote jedoch konstruiert und Meere bspw. während der *Deutschen Atlantischen Expedition* zwischen 1925 und 1927 in numerische Datenmeere übersetzt werden konnten, galt es, vormals hypothetisches Wissen um Unterwasserschall zu dokumentieren: unter anderem im heimischen Goldfischaquarium des deutschen Echolot-Pioniers Alexander Behm, wo das Kapitel beginnt.

Sonar. Reginald Fessenden und das Meeres-Rauschen. Statt sich an einer noch ausstehenden Mediengeschichte des Sonars zu versuchen, illustriert das Kapitel die historische Situation der maritimen Navigation im Kontext des „Unterwasserschallsignalwesens“, die zum historisch ersten prototypischen Sonargerät führte: Das Kapitel legt die Spezifität des s.g. Fessenden Oszillators dar. Reginald Fessenden, der Konstrukteur des Oszillators, ist auch jenseits der Medienkulturwissenschaft dafür bekannt, Pionierarbeit in der Radiotechnik geleistet zu haben. Auch geht die vermutlich erste Rundfunksendung, die dem späteren Unterhaltungsrundfunk entsprach, auf Fessenden zurück. Dieser sendete am Weihnachtsabend 1906 aus der Nähe von Boston Musik und Sprache an die damals noch wenigen überhaupt existierenden Radiogeräte. Dahingegen ist seine hydroakustische Pionierarbeit in der fluiden Ökologie des Raumes ‚unter der Meeren‘ weitaus weniger bekannt.¹⁰⁵ Der von Fessenden konstruierte Oszillator war das erste praktische Unterwassermedium, das einen hydroakustischen Transducer materialisierte – d.h. das Gerät erlaubte es, mechanische Schwingung (Unterwasserschall) in elektrische Spannung zu transduzieren *et vice versa*. Das Gerät kann damit als grundlegend für sämtliche späteren Sonartechniken gelten. Ebenso wie in jener Ökologie später qua piezoelektrischem Effekt elektrische Frequenzen in hydroakustische Schwingungen übersetzt wurden, transduzierte der Fessenden Oszillator die fluide Welt ‚unter den Meeren‘ in einen Raum medientechnischer Übertragungen, der damit, geomedial interpretiert, sowohl ‚entdeckt‘ und auf Basis von Delays ausgeprägt wurde.

105 Eine Ausnahme stellt diesbezüglich der Aufsatz von Gary Frost über die ökonomische Diskursivierung des Fessenden Oszillators dar, vgl. (2001): „Inventing Schemes and Strategies: The Making and Selling of the Fessenden Oscillator“, in: *Technology and Culture* 42(3), 462-488.

Delay Lines. Verzögerungsspeicher. Das Kapitel widmet sich der Frühgeschichte von akustischen Verzögerungsleitungen zur flüchtigen Speicherung von Signalen. Diese von der Medien- und Technikgeschichte bisher marginalisierten Artefakte materialisieren ein (zeit-)kritisches Moment in der Frühphase diverser Infrastrukturen wie dem analogen Fernsehen, dem Radar oder der Funktelefonie. Diese und weitere fallbeispielhafte Implementierungskontexte von *acoustic delay lines* werden im Kapitel unter der Prämisse erschlossen, dass sich das Speichern, das von der Medienwissenschaft gemeinhin mit einem Stillstellen von Dingen, Daten und Informationen konnotiert wird, als dynamischer elektro-akustischer Prozess ausgestalten kann, der durch die Laufzeit akustischer Signale realisiert wird. Dadurch ergibt sich eine Allianz von Akustik und Speichertechnik. Der Fokus liegt auf einer historisch-komparativen Aufarbeitung der Verwendung von akustischen Verzögerungsleitungen und ihrer konstitutiven Beteiligung an medientechnischen Prozessarchitekturen. Wie zu zeigen ist, stellte ihre Verschaltung die je spezifische Lösung eines technisch situierten Problems dar: Sie fungierten als explizite Speicher, dienten der Vermeidung von Feedbacks und Interferenzen, stellten Vergleichbarkeit zwischen zeitversetzten Ereignissen her und erlaubten nicht zuletzt klang-ästhetische Simulationen – bspw. die Produktion auditiver Räume in den Radiosendungen der NBC. In einem zweiten Schritt wird das Kapitel resümierend ableiten, was für medientheoretische Implikationen akustische Verzögerungsleitungen für eine analytische Schärfung der „Übertragung“ und „Speicherung“ – zwei laut Friedrich Kittler getrennte Medienfunktionen – evozieren.

Sonographie. „work on the human body“. Das Kapitel widmet sich der ‚Entdeckung‘ der Produktivität von Delay in einem Kontext, der sich von den bisherigen Schauplätzen unterscheidet: der medizinischen Diagnostik. Wissen um körperimmanente Strukturen war bis dato neben Praktiken der Perkussion und Auskultation meist auf Abtastungen verwiesen, die dem kulturhistorisch vertrauten Verständnis von ‚Taktilität‘ entsprachen: dem Tastsinn praktizierender Ärzte. Die Verschaltung von Signallaufzeiten in der Medizin bewirkte einen epistemischen Shift von menschlichen Sensorien hin zu piezoelektrischen Sensoren der sonographischen Praxis. Sonographie als bildgebendes Sensormedium – alltagspraktisch relevant und bekannt vornehmlich durch pränatale ‚Ultraschallbilder‘ – nimmt mit Gilles Deleuze und Félix Guattari geschrieben eine Einkerbung des menschlichen Körpers vor, die nunmehr auf Basis von Delays statthatte. Ausgangspunkt des Kapitels ist die von der Wissenschaft allenfalls randständig erwähnte sonographische Pionierarbeit des österreichischen Psychiaters und Neurologen Karl Theo Dussik. Als Ergebnis von Dussiks Forschung steht eine medizinisch-diagnostische Praxis, in welcher Delay als qualitative Größe zu einem Akteur der medizinischen Diagnostik geworden war: Ein Akteur, der divergente apparative Implementierung er-

fahren konnte, dessen grundsätzlicher Erkenntniswert aber nicht mehr infrage gestellt wurde. Die Operationalisierung der Laufzeit von Schall im Dienste der messtechnischen Adressierung des Raums hatte damit Einzug in ein neues Environment gehalten: lebende biologische Körper.

Radardenken. Radar als Trigger des Digitalen. Die abschließende Fallgeschichte fokussiert zunächst auf die erste Infrastruktur der Prozessierung von Big Data in Echtzeit. Und zwar zu einer historischen Zeit, in welcher keine Digitalcomputer zur Verfügung standen, an die dies hätte delegiert werden können: das britische Dowding System zur systemischen Auswertung der Daten der britischen Radarkette Chain Home. Das Kapitel beginnt beim Radar in Großbritannien zu Zeiten kurz vor und während des Zweiten Weltkriegs, da die infrastrukturelle Ausgestaltung von Big Data-Prozessierungen dort zuerst praktiziert wurde. Gilt echtzeitliches Prozessieren großer Datenmengen vornehmlich als Signum digitaler, d.h. computerisierter Kulturen, zeigt sich hier, dass dies auch von Menschen Hand geleistet werden konnte. Im Dowding System wurden zum einen relevante Objekte des Georaums – Flugzeuge – in für die Infrastruktur kompatible Daten übersetzt. Zum zweiten fand dadurch ein Perspektivwechsel statt: Der Luftraum wurde durch seine zentralisierte, symbolische Miniaturisierung auf *plotting tables* überhaupt erst in Gänze überschaubar – und zwar als Datenkonstrukt. Wesentliches medienkulturelles Moment des Delay-Mediums Radar ist damit, dass es Daten-Infrastrukturen der echtzeitlichen Prozessierung erforderte, mithin einen postmodernen Typus ‚Infrastruktur‘ etablierte. Über die konkrete Radarsituation in Großbritannien zu Zeiten des Zweiten Weltkriegs hinaus, verhandelt das Kapitel die Verbindungslinien zwischen Radar und den technischen Grundlagen dessen, was später als Charakteristika digitaler Kulturen gelten durfte. Die konkreten Praxisbelange der Radartechnik waren an der Realisierung von Impulstechniken, Verfahren der Pulse-Code-Modulation, der Genese von Bildschirminteraktionen, der Implementierung von Operations Research und System Design – und vielem mehr – beteiligt. Als zentral kann dabei der epistemische und technische Transfer von Impulstechniken des Radars hin zu frühen Digitalcomputern gelten, der im Kapitel cursorisch nachvollzogen wird. Radar erwies sich in dieser retrospektiven Lesart als ein wesentlicher und buchstäblicher *Impulsgeber* digitaler Kulturen. Der Fokus liegt weitgehend auf der US-amerikanischen Radarforschung und -praxis, da mir diesbezüglich umfangreiche Quellen vorliegen und in den USA die international umfassendste Radararbeit betrieben wurde – insbesondere am Radiation Laboratory des Massachusetts Institute of Technology. Dieses abschließende Kapitel beginnt also bei einer konkreten Situation, versucht sich aber darüber hinaus an einer medienarchäologischen Schilderung der Bedeutung des Radars für aktuelle Medienkulturen. Dabei entfernt sich die Argumentation streckenweise vom ei-

gentlichen Akteur und fokussiert auf seine technischen und epistemischen *Effekte*, da diese von wesentlicher Bedeutung für rezente Medientechniken und -praktiken sind. Da dies ein umfangreiches Vorhaben ist, ist das Kapitel ebenso umfangreich.

Die Fallgeschichten mögen selektiv sein, da sie keine vollständigen Chronologien der Medien des Delays abbilden. Allerdings wurden die einzelnen Geschichten nicht willkürlich, sondern gezielt gewählt. Einerseits folgen sie – wie bereits erwähnt – gemäß der Maxime des *follow the actor* dem Delay auf seinen historischen Pfaden. Andererseits stellen sie medienwissenschaftliche Desiderate dar. Sie eint bis auf wenige Ausnahmen,¹⁰⁶ dass sie medienhistorische Leerstellen markieren: Die publizierten Vorträge von Max Jüllig und Karl Theo Dussik finden in der Medienkulturwissenschaft keine Erwähnung. Über die historisch erste Apparatur, die ein *remote sensing* auf Basis von Echoortung, d.h. auf Basis der Messung von Delays vornahm – im Kontext der Rohrpost –, gibt es schlichtweg keine Forschungsliteratur. Die historische Infrastruktur des Unterwasserschallsignalwesens, in dessen Kontext das prototypische Sonar des Fessenden Oszillators entwickelt wurde, wurde von der Medienkulturwissenschaft fast gänzlich übersehen¹⁰⁷ – obgleich es nicht allein von medienhistorischem Interesse ist, sondern ebenso für eine historische Praxeologie der Navigation, die Sound Studies und die Wissensgeschichte der Akustik. Über *delay lines* in ihrer multifunktionalen Verwendung in diversen Mediensystemen gibt es keine überblicksartige Darstellung, auch fanden sie bisher allein Erwähnung in medienarchäologischen Arbeiten.¹⁰⁸ Über die historisch erste Infrastruktur der tendenziellen Datenprozessierung in Echtzeit, die um ein kooperativ zu bewältigendes Datenproblem herum aufgebaut wurde – das Dowding System –, gibt es keine medienkulturwissenschaftliche Literatur und auch sonst allein

106 Diese sind die Kapitel zur Theaterakustik und zu den Messungen der Nervenleitungsgeschwindigkeit durch Hermann von Helmholtz, zu welchen es – wenn auch mit anders gelagertem Erkenntnisinteresse – Forschungsarbeiten gibt. Zu zweiterem vgl. Schmidgen, Henning (2009): *Die Helmholtzkurven. Auf der Spur der verlorenen Zeit*, Berlin, oder ders. (2004): „Die Geschwindigkeit von Gedanken und Gefühlen. Die Entwicklung psychophysiologischer Zeitmessungen, 1850–1865“, in: *NTM: Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 12, 100–115. Hinsichtlich der Akustik von Theaterarchitekturen vgl. bspw. Tkaczyk, Viktoria (2014): „Listening in Circles. Spoken Drama and the Architects of Sound, 1750–1830“, in: *Annals of Science* 71(3), 299–334.

107 Eine Ausnahme stellen die Arbeiten von John Shiga dar, insb. (2013): „Sonar: Empire, Media, and the Politics of Underwater Sound“, in: *Canadian Journal of Communication* 38(3), 357–377.

108 Vgl. Link (2006): „There Must Be an Angel“; Maibaum, Johannes (2021): „Lumped Lines und Bucket Brigades – Verzögerungsleitungen als dynamische Speicher“, in: Wolfgang Ernst/Johannes Maibaum (Hrsg.), *Speicher. Theorie, Technologie, Archäologie. Ausgewählte Schriften von Horst Völz*, Bochum/Freiburg, 147–164.

spärliche Arbeiten.¹⁰⁹ Das erstaunt umso mehr, da das Dowding System Prozesslogiken moderner Datenverarbeitung, wie sie später an Digitalcomputer delegiert wurden, in mehrfacher Weise begründete. Und insgesamt wurde sich der Relevanz des Delay-Mediums Radar für die Etablierung digitaler Kulturtechniken bis 1950, gemessen an seiner erheblichen Signifikanz, allenfalls marginal gewidmet. Aus diesem Status der einzelnen Fallgeschichten heraus, erfolgt die Argumentation sämtlicher Kapitel quellennah: Jedes Kapitel erzählt eine eigene Geschichte auf Basis der für den jeweiligen Kontext relevanten Primärquellen.

Im Sinne der Medienarchäologie ist diese Fokussierung der Vor- und Frühgeschichte konkreter Apparaturen in jedem Fall gerechtfertigt. Sie erlaubt, die non-linearen Pfade der Mediengenealogie des Delays zu Zeiten nachzuzeichnen, als die Zukünfte jener Apparaturen noch ungewiss waren. Denn Medien werden selten in den Kontexten ‚erfunden‘, in welchen sie sich später etablierten. Ute Holl hat dies für das Kino nachgezeichnet, dessen Geschichte sie gerade nicht im unterhaltenen kinematographischen Lichtspielhaus, sondern bei psychophysischen Experimenten des 19. Jahrhunderts beginnt, die das ‚Prinzip Kino‘ wahrnehmungsphysiologisch ergründeten.¹¹⁰ Ebenso gilt für diese Arbeit, dass das frühe Echolot nicht ohne die Prinzipien der chronographischen Messung mikrotemporaler Ereignisse verstanden werden kann, wie sie prominent Hermann von Helmholtz zur Mitte des 19. Jahrhunderts praktizierte; oder dass der im Mikrotemporalen operierende binäre Digitalcomputer nicht ohne seine technischen Grundlagen und Episteme verstanden werden kann, die gerade nicht im Kontext früher Digitalcomputer, sondern vorher im Radar zur Anwendung kamen; oder dass das erste prototypische Sonar nicht als Ortungs-, sondern Kommunikationsmedium hätte konstruiert werden sollen; oder dass die Sonographie in ihrer historischen Initialphase vielmehr ein Konglomerat anderer Techniken darstellte, namentlich der Unterwasserschalltechnik und der Werkstoffprüfung.

Dabei handelt es sich bei den Medien dieser Untersuchung um „Environing Media“¹¹¹ in mehrfachem Sinne. Einerseits agieren sie umweltbezogen, da sonische Signale und Impulse per se in Umwelten zirkulieren. Ebenso, insofern spezifische Räume medialer Aktionen ausgeprägt wurden (Signalräume), die neue Sichtbarkeiten begründeten und neue Operationsumgebungen darstellten. Damit zeigt sich nicht nur der Index der Umwelt in den hier betrachteten Medien, sondern auch der Index der Medien in der Praxis und Wahrnehmung geographischer Räu-

109 Zimmerman, David (2001): *Britain's Shield. Radar and the Defeat of the Luftwaffe*, Gloucestershire.

110 Holl, Ute (2002): *Kino, Trance und Kybernetik*, Berlin.

111 Wickberg, Adam/Gärdebo, Johan (2023) (Hrsg.), *Environing Media*, London.

me (bspw. in den echolotisch erzeugten Tiefenbildern des Atlantiks oder den sonographischen Zugriffen auf biologische Körper). Nicht zuletzt begründen die Medien dieser Studie ein Medienwerden von Umwelten bei gleichzeitigem Umweltlichwerden von Medien¹¹² historisch: Da Sensoren heute essenzieller Bestandteil s.g. *smart devices* und unseres medialen Environments sind, versucht die vorliegende Arbeit vor- und frühgeschichtliche Stationen der Sensor-Entwicklung nachzuzeichnen. Namentlich widmet sich die Arbeit weitgehend Sensoren der Distanz- auf Basis von Laufzeitmessung und damit Medien des *distant* bzw. *remote sensing*. Diese sind – wie die s.g. *proximity sensors* – dadurch gekennzeichnet, dass sie die Nähe zu Objekten detektieren, ohne einen direkten Kontakt mit diesen einzugehen. Echolot, Sonar, Sonographie und Radar sind solche Sensormedien: Sie lassen Aussagen über die Präsenz und Position entfernter Objekte auf Basis von Delay-Messungen zu.

Die aktuelle Omnipräsenz von GPS-Empfängern als integrierte Mikrochip-Architekturen in Smartphones erlaubt ein fortwährendes Tracking und Positioning von Subjekten. Teilt man die Prämisse, dass sich Mediengeschichte über Gegenwartsphänomene konstituiert, ist es die Ubiquität von Sensormedien, welche die medienhistorische Rekonstruktion der Operationalisierung von Delays für heutige Alltagspraktiken, Infrastrukturen und Prozesslogiken brisant macht. Sensoren gerieten erst jüngst in den Fokus der Medienforschung. Sie problematisieren, „what it means ‚to sense‘ under current technological conditions“¹¹³ und bestimmen damit die Situation rezenter Medienkulturen maßgeblich mit. Ihre medienhistorische Analyse stellt hingegen ein Desiderat dar. Diese Untersuchung wird zeigen, dass globale Satelliten-Navigationssysteme wie das GPS auf einer Epistemologie der Übertragung basieren, die sich in einer medienarchäologischen Rekonstruktion über andere Medien, Praktiken und Schauplätze fortschreibt, als dies gängige Geschichten von GPS nahelegen.¹¹⁴ GPS als Technologie hat mithin nicht nur eine eigene Geschichte, sondern ist zudem integrierter Teil und zugleich Resultat einer größeren Mediengeschichte der Delaymessung, wie diese Arbeit aufzeigen wird.

112 Vgl. hierzu Sprenger, Florian (2019): *Epistemologien des Umgebens. Zur Geschichte, Ökologie und Biopolitik künstlicher environments*, Bielefeld.

113 Scholz, Sebastian (2021): „Sensing the ‚Contemporary Condition‘: Chronopolitics of Sensor-Media“, in: *Krisis* 41(1), 135-156, 135; hierzu auch Gabrys, Jennifer (2019): *How To Do Things with Sensors*, Minneapolis; oder Klimburg-Witjes, Nina/Poechhacker, Nikolaus/Bowker, Geoffrey C. (2021) (Hrsg.), *Sensing In/Security. Sensors as Transnational Security Infrastructures*, Manchester.

114 Vgl. Easton, Richard D./Frazier, Eric F. (2013): *GPS Declassified. From Smart Bombs to Smartphones*, Lincoln; Ceruzzi, Paul E. (2018): *GPS*, Cambridge, MA/London.

Als eine Quellengrundlage dienen mir zeitgenössische Wissenschaftspublikationen sowie Wissenschafts- und Technikzeitschriften wie das *Bell Labs Technical Journal*, das *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin*, die *Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie* oder die *Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie*. Für die medienhistorische Rekonstruktion der technologischen Frühphase des Radars erweist sich insbesondere die am Radiation Laboratory des Massachusetts Institute of Technology zwischen Oktober 1940 und Dezember 1945 institutionalisierte Forschung als zentral. Diese fand ihren Niederschlag in der 28-bändigen „Radiation Laboratory Series“: eine umfassende Darstellung der dort stattgefundenen Forschungsaktivitäten und eine fast einmalige Form der Selbstdokumentation durch die beteiligten Akteure.

Friedrich Kittler nobilitierte für medienhistoriographische Arbeiten bekanntlich Quellen, die bis dato nicht im Literaturarsenal von Historiker:innen anzutreffen waren. Blockschaltbilder, Patentschriften, Beschreibungen technischer Gerätschaften oder Source Code – Dokumente, die vermeintlich nur für den engen Fokus technikhistorischer Forschung relevant seien, galten ihm als fundierte Grundlage für die materialitätsnahe Historiographie von Kulturen.¹¹⁵ Für die hier vorliegenden Mediengeschichten des Delays, die ein medienarchäologisches und praxeologisches Erkenntnisinteresse verfolgen, galt es, diesen Fundus an Quellen für die Mediengeschichtsschreibung wiederum zu erweitern, um zu den historischen Medien- und Datenpraktiken vorzustoßen. Praktiken haben kein Archiv und wurden selten in wissenschaftlichen Zeitschriften dokumentiert, ebenso wenig in Blockschaltbildern, Patenten usw. Die Sichtbarmachung historischer Praktiken konnte auf Basis publizierter Tagebucheinträge oder Briefwechsel, mit historischen ‚Handbüchern für den praktischen Gebrauch‘, Felddokumentationen sowie Autobiographien eingelöst werden; ebenso bspw. mit archivischem Filmmaterial des British National Archives, welches die Arbeit der Protagonist:innen im Dowding System dokumentiert. Nicht zuletzt konnte diese Studie insbesondere im Radar-kapitel nur durch umfangreiche Archivrecherchen gelingen. Obgleich eine schiere Masse an technikhistorischen Arbeiten zum Radar vorliegt, ist seine medienwissenschaftliche Erforschung marginal. Im British National Archives sichtete ich daher – allein während eines Besuchs – über 3.000 Einzeldokumente, die eine wesentliche Grundlage des Kapitels darstellen. Den Quellenkanon einer techniknahen Medienwissenschaft habe ich mit jenen Quellen, die historische Praktiken doku-

115 Vertiefend zur Mediengeschichtsschreibung bei Kittler siehe Köhler, Christian (2018): *Mediengeschichte schreiben. Verfahren medialer Historiographie bei Dolf Sternberger und Friedrich Kittler*, Paderborn; vgl. hierzu auch Vogl, Joseph/Balke, Friedrich/Siegert, Bernhard (2013) (Hrsg.), *Archiv für Mediengeschichte* 13: „Mediengeschichte nach Friedrich Kittler“.

mentieren, wechselbezüglich gelesen. Meine Betrachtung der wechselseitigen Verfertigung von Infrastrukturen technischer Prozesse einerseits, menschiabasierten Operationsketten andererseits, durch Menschen und Medien als handlungsmächtigen Akteuren gleichermaßen, verbindet so Elemente einer praxisfokussierten Medienforschung mit medienarchäologisch erprobten Methoden.

Zusammenfassend wird diese Arbeit auf Basis der folgenden quellennahen Fallgeschichten historisch nachzeichnen, wie ein vermeintlich völlig zweckfreies, buchstäblich unpraktisches physikalisches Phänomen – Delay – kulturelle Relevanz erhielt und einen eigenen Typus von Mess- und Speichermedien begründete. Diese wiederum zeitigten nachgelagerte Effekte, die nunmehr einen irreduziblen Bestandteil rezenter Medienkulturen darstellen. Signale weisen mithin eine eigene Wissens- und Technikgeschichte auf, wie sie Historiker:innen womöglich nicht zu schreiben vermögen. Ebenso haben *Signallaufzeiten* eine Geschichte, die zu schreiben Aufgabe von Medienwissenschaftler:innen ist. Einem Teil jener Geschichte widmet sich diese Arbeit. Die mit dem Fokus auf programmatische historische Situationen einhergehende Bruchstückhaftigkeit verstehe ich dabei nicht als Manko. Sie erlaubt, auf signifikante Umbruchsmomente in der Historie des Delays zu fokussieren und vom Konstruieren historischer Linearitäten zugunsten einer Analyse von ‚Eskalationen‘, mit Friedrich Kittler gesprochen, bzw. von konstitutiven ‚Diskontinuitäten‘, im Sinne Michel Foucaults, abzusehen. Die in den Fallgeschichten erschlossenen Operationalisierungen von Delays können im Sinne Thomas Kuhns als *Paradigmenwechsel* einer geteilten Wissens-, Technik-, Kultur-, Architektur-, Medizin- und nicht zuletzt Mediengeschichte gelten. Dass in der medienhistorischen Analyse vermeintliche Umwege beschritten werden, liegt darin begründet, dass die Geschichte der Medien des Delays eine ebenso non-lineare wie auch multidisziplinäre ist. Die fokussierten Medien entstammen nicht allein einer physikalischen Akustik oder singulär der Elektrotechnik noch allein der Nachrichtentechnik, der Meereskunde, der Militärforschung etc. Vielmehr taucht das Delay als epistemisches Wissensobjekt und Akteur in *allen* diesen Diskursen und Disziplinen zu unterschiedlichen Zeiten auf und hinterlässt unterschiedliche Datenspuren und Apparaturen. Eine medienkulturwissenschaftlich orientierte Geschichte von Delays hat demnach eine materiell-technische und eine diskursiv-kontextuelle Seite. Technisch, da das Delay Instrumente und Medien der Datenerhebung, -analyse, -adressierung, -speicherung und -übertragung begründete: Hardware also, die in Infrastrukturen und Ko-Operationsketten wirksam wurde. Andererseits gingen mit dieser Hardware Diskurse einher: Wissen, Philosophien, aber auch Politiken, Märkte und ihre Praktiken, die miteinander interagierten und sich gegenseitig formten. In diesem Sinne stehen in dieser Arbeit die ‚Medien des Delays‘ als Pris-

ma für eine Medienkultur-, Wissens- und Praxisgeschichte der Übertragung mit einer historischen Rahmung von 1850 bis 1950.

