

jungen Medientechnik Radar. Der sinnfreie Ortungsimpuls des Radars als elektromagnetische Bedingung der Entfernungsmessung auf Delaybasis wurde informativ und zu einem wesentlichen Trigger des Digitalcomputers. „In den letzten 10 Jahren sind nun eine ganze Reihe von Verfahren bekannt geworden, in denen der Impuls selbst Träger einer Information ist“, wurde der Entwicklung von Impulstechniken 1956 bezeichnenderweise bescheinigt und dadurch auf die Codierung von Daten durch vormals sinnfreie (Ortungs-)Impulse verwiesen.²³⁷ Damit mag Friedrich Kittler mit seiner grundsätzlichen Annahme von der Bedeutung von Radar für aktuelle digitale Kulturen Recht behalten:

„Radar, diese Entwicklung des Zweiten Weltkriegs, unterscheidet sich von Analogmedien wie Radio oder Fernsehen dadurch, dass das Signal keine kontinuierliche Welle, sondern tunlichst ein Rechteckimpuls von verschwindender Dauer ist. Eben darum hat erst die Radartechnologie Theorien der Information und speziell der Digitalsignale notwendig gemacht.“²³⁸

Nur nachweisen wollte – oder konnte – Kittler dies nicht. Die in diesem Unterkapitel versammelten Quellen legen aber tatsächlich nahe, dass in den bisherigen Histories of Computing die Bedeutung von Radar für die Genese früher Digitalcomputer und Theorien des Digitalen marginalisiert wurde; falls Radar in diesen überhaupt Erwähnung findet. Die hier ausgewerteten Quellen belegen, dass es die im Radar verwendeten Techniken waren, die zum Trigger – Impulsgeber – des Digitalen werden sollten. Welche konkreten „high-speed pulse circuits“ (Jacobs) des Radars in frühe Digitalcomputer einkehrten, müsste eine mikroanalytische Technikgeschichte oder vertiefende Medienarchäologie dieser frühen Digitalcomputer klären.

PCM: Pulse-Code-Modulation

Impulstechniken wurden im historischen Kontext nicht nur für das Operationsprinzip von Digitalcomputern relevant. Ebenso erfuhren sie Implementierung für medientechnische Verfahren der Übertragung statt Prozessierung: Die s.g. Pulse-Code-Modulation (PCM) stellt noch heute eine technische Grundlage der Telefonie, aber auch der Musikproduktion, -speicherung und -übertragung dar. Als grundlegendes Patent der PCM gilt das „Electric Signaling System“ von Alec Harley Reeves,

237 Fischer, F. A. (1956): „Impulsanalyse. Die mathematisch-physikalischen Grundbegriffe der Impulstechnik“, in: Winckel (Hrsg.), *Impulstechnik*, 1-39, 1.

238 Kittler, Friedrich (1993): „Real Time Analysis, Time Axis Manipulation“, in: ders.: *Drahtculas Vermächtnis. Technische Schriften*, Leipzig, 182-206, 205.

welches im November 1939 eingereicht wurde.²³⁹ Reeves beschäftigte sich originär mit der Rauschreduzierung in der Telefontechnik. In der Langstreckentelefonie ihrerzeit addierte sich Rauschen, wenn ein fortwährend schwächer werdendes Sprachsignal während einer langen Übertragungsstrecke mitunter mehrfach verstärkt werden musste. Dabei wurde das irreduzible Grundrauschen ebenso verstärkt – womöglich bis zur akustischen Unverständlichkeit des Sprachsignals.

Im Patent konzeptualisierte Reeves eine Übertragungsanordnung, in welcher nicht ein analoges Signal als solches übertragen wurde, sondern quantitative Informationen *über* dieses Signal. Wird die Amplitude eines kontinuierlichen Signals zu definierten Zeitpunkten im gleichen Intervall näherungsweise bestimmt; dieser Wert pulscodiert; diese Pulscodierung an einen Empfänger gesendet; und dort das originäre Signal wieder rekonstruiert – dann realisiert sich eine Übertragung, die wesentlich unbeeinflusst von Rauschen ist. Reeves schlug damit eine quasi-digitale Lösung des Rauschproblems in der Langstreckentelefonie vor. Bzw. in den Worten seines originären Patents, das die basale Funktionalität der PCM auch späterer Verfahren beschrieb und eine Übertragungsanordnung formalisierte, die „practically free from any background noise“ ist:

„According to the present invention, a signaling system for transmitting complex wave forms, for example speech, wherein the wave form is scanned at the transmitter at predetermined instants, and at these instants signal elements are transmitted to the receiver is characterised in this, that the amplitude range of the wave form to be transmitted is divided into a finite number of predetermined amplitude values according to the degree of fidelity required. The instantaneous amplitude value of the wave form to be transmitted at each predetermined instant being transmitted in a signal code representing the nearest predetermined amplitude value above or below said instantaneous amplitude value.“²⁴⁰

Ein epistemisches Novum der PCM bestand mithin in der Quantisierung zu übertragener Signalamplituden, d.h. in ihrer symbolischen (digitalen) statt physikalischen (analogen) Behandlung. Der Vorteil dieser zahlenmäßigen Erfassung originär wellenförmiger Ereignisse war, dass die derart codierten Signale über potenziell beliebige Entfernungen gesendet werden konnten. Denn die Aussage, ob ein Impuls zu gegebener Zeit prä- oder absent ist, sei leicht zu treffen, wie es 1948 in einer kursorischen „Philosophy of PCM“ hieß:

239 Reeves, Alex Harley (1939): „Electric Signaling System“, United States Patent Office No. 2.272.070. Filed Nov. 22, 1939, Patented Feb. 3, 1942.

240 Ebd., 1.

„By using binary (on-off) PCM, a high-quality signal can be obtained under conditions of noise and interference so bad that it is just possible to recognize the presence of each pulse. Further, by using regenerative repeaters which detect the presence or absence of pulses and then emit reshaped, respaced pulses, the initial signal-to-noise ratio can be maintained through a long chain of repeaters.“²⁴¹

Zur Zeit der Einreichung des Patents von Reeves war die PCM bloße Theorie. In der Praxis standen in den 1930er Jahren elaborierte Impulstechniken zur Codierung analoger Klangsignale nicht zur Verfügung. Dementsprechend hielt Maurice Deloraine zum 25. Geburtstag der originären PCM-Idee von Reeves – d.h. zu einem Zeitpunkt, an dem sich die ubiquitäre Signifikanz von PCM für aktuelle Medienkulturen gerade erahnen ließ – fest: „The history of technological development is full of examples of returns to previous concepts that were originally impracticable because the devices necessary to implement them had not been invented.“²⁴² Nach Ausbruch des Zweiten Weltkriegs wurde Reeves wissenschaftlicher Leiter des britischen Air Ministry Research Establishment und konnte sein theoretisches Impulswissen zunächst im Kontext von Radar implementieren. So war er an der Entwicklung des Navigationssystems Oboe (*Observer Bombing Over Enemy*) beteiligt. Zudem konnte mit den vom Radar vertrauten Impulstechniken nunmehr auch seine Idee der PCM praktisch werden. Im historischen Kontext waren es zwei Übertragungsnetze, in welchen die Theorie der PCM Anwendung erfuhr: im verschlüsselten Telefonsystem SIGSALY – auch als ‚the Green Hornet‘ bekannt – sowie im kanadischen Luftraumüberwachungssystem DATAR.

Das kryptographische Telefonsystem SIGSALY, das im Juli 1943 in Betrieb genommen wurde, sicherte zu Zeiten des Zweiten Weltkriegs die Telefonkommunikation der höchsten militärischen Ebenen der Alliierten. In der Mediengeschichte wurde über dieses meist im Kontext der Sprachsynthese geschrieben, da es einen Vocoder verschaltete.²⁴³ Der in den Bell Labs entwickelte Vocoder war ein technisches Gerät zur Sprachanalyse, das Sprache für ihre telefonische Übertragung in verschiedene Parameter zerlegte; nämlich in ihre verschiedenen Frequenzbänder, um sodann am anderen Ende des Kanals einen Synthesizer zu veranlassen, eine Annäherung an das ursprüngliche Sprachsignal zu rekonstruieren. Das bedeutet, dass nicht ein komplettes Sprachsignal, sondern lediglich seine rele-

241 Oliver, B.M./Pierce, J.R./Shannon, C.E. (1948): „The Philosophy of PCM“, in: *Proceedings of the IRE* 36(11), 1324-1331, 1330.

242 Deloraine, E.M. (1965): „The 25th Anniversary of Pulse Code Modulation: Historical Background“, in: *IEEE Spectrum* 2(5), 56-57, 56.

243 Vgl. z.B. Tompkins, Dave (2010): *How to Wreck a Nice Beach: The Vocoder from World War II to Hip Hop. The Machine Speaks*, New York et al.

vanten Parameter übertragen wurden, irrelevante Dinge hingegen nicht. Zu solcher Irrelevanz zählte im nachrichtentheoretischen Sinn alles, was zur Ästhetik der Stimme gehörte, nicht aber zur Verständlichkeit der gesprochenen Sprache beitrug, also den Informationsgehalt nicht erhöhte. Wichtig war dies einerseits in der Nachrichtentechnik zur Reduzierung der Bandbreite für das Telefon, insbesondere für transatlantische Telefonate; andererseits für die kryptographische Codierung telefonischer Sendungen, um überwachungssichere Verbindungen zu realisieren – wie es mitunter für die Telefonie zwischen Churchill und Roosevelt erforderlich war. Wichtig ist nun, dass diese Übertragung von Sprachsignalen *impulsmoduliert* erfolgte. In einer von der US-amerikanischen National Security Agency (NSA) veröffentlichten Broschüre aus dem Jahr 2000 wird das SIGSALY daher als der „Start of the Digital Revolution“ deklariert. Die Emergenz digitaler Verfahren der Audioreproduktion oder der Telefonie bzw. digitale Datenübertragung als solche findet eine Bedingung im SIGSALY, wie die beiden Autoren der Broschüre darlegen:

„Digital communication, measurement and data techniques are quite commonplace. This fairly recent situation was enabled by many things including the invention of the transistor in 1947 and the later evolution of semiconductor microelectronics techniques. However, the pioneering work for many of these capabilities was performed early in World War II in a successful effort to provide secure voice communications for high-level government officials.“²⁴⁴

Obgleich Behauptungen technologischer Erstmaligkeiten kritisch gelesen werden sollten, ist es bemerkenswert, dass dem SIGSALY acht „firsts“ bescheinigt wurden, von denen drei hier relevant sind: die erste Realisierung von abhörsicherer, verschlüsselter Telefonie; die erste Übertragung quantisierter Sprachsignale; sowie die erste Übertragung von Sprache auf Basis von PCM.²⁴⁵ In der Rede des Vorsitzenden der Bell Telephone Laboratories, Oliver Ellsworth Buckley, zur Inbetriebnahme von SIGSALY am 15. Juli 1943 wurden bereits die „far-reaching effects“ jener puls-codierten Telefonübertragungen antizipiert, insofern das, *was* übertragen wurde, nunmehr in keinem indexikalischen Verhältnis zu dem stand, *wie* es übertragen wurde: „Speech has been converted into low frequency signals that are not

244 Boone, J.V./Peterson, R.R. (2000): *The Start of the Digital Revolution, SIGSALY: Secure Digital Voice Communications in World War II*, Center for Cryptologic History, National Security Agency, Fort George Meade in Maryland, 1.

245 Bennett, William R. (1983): „Secret Telephony as a Historical Example of Spread-Spectrum Communication“, in: *IEEE Transactions on Communications* 31(1), 98-104, 99.

speech but contain a specification or description of it.”²⁴⁶ Die Sendung kontinuierlicher Wellen wurde zugunsten von Impulsübertragungen verlassen und sollte richtungsweisend für künftige Techniken der Übertragung und Prozessierung von Akustik werden.

Ebenso impulsbasiert operierte das kanadische computerisierte *battlefield management system* DATAR, dessen Akronym bereits das Digitale im Namen trug: das *Digital Automated Tracking And Resolving*. 1949 begann die Royal Canadian Navy konzeptuelle Arbeit am DATAR, 1953 war das System betriebsfähig. Eine erste Demonstration der Funktionalität des Systems erfolgte 1950 auf Basis des Ferranti Digitalcomputers. Letztlich vornehmlich aufgrund der enormen Menge verschalteter Elektronenröhren wenig praktikabel und leicht der Überhitzung ausgesetzt, wurde das System originär konzipiert, um maximal 64 Ziele über einen Raum von 80x80 Meilen knapp 40 Meter exakt zu orten. Von Interesse, neben der Verwendung von PCM, ist zudem die Form der in diesem Kontext realisierten Mensch-Maschine-Kommunikation. Einerseits wurde diese über Bildschirme praktiziert, andererseits über ein Medium der Bildschirmadressierung: Seit 1952 konnten DATAR-Operateure über einen s.g. Trackball Koordinaten potenzieller Ziele mit einem Cursor auf Radarbildschirmen auswählen und diese Daten an den Computer leiten.²⁴⁷ Was im Dowding System noch genuin an menschliche Fertigkeiten und Expertise gekoppelt war, fand nunmehr halbautomatisiert in Verbundschaltung mit einem Digitalcomputer statt.

Es gilt festzuhalten, dass die Impulstechniken des Radars zunächst Verwendung für Digitalcomputer fanden; und diese ersten Digitalcomputer wiederum wurden im Falle von DATAR an Radarbildschirme gekoppelt, um Menschen, Radaranlagen und Computer in ein geschlossenes Feedback-System der echtzeitlichen Datenverarbeitung zu integrieren. Dadurch wurde der Aspekt des *Interfacing* essenziell. Dementsprechend gilt im Folgenden dem Status von Radarbildschirmen besondere Aufmerksamkeit.

246 Zit. n. Boone/Peterson (2000): *The Start of the Digital Revolution*, 15. Eine ausführlichere technische Beschreibung des SIGSALY liefert Kahn, David (1984): „Cryptology and the Origins of Spread Spectrum“, in: *IEEE Spectrum* 21(9), 70-80.

247 Boslaugh, David L. (1999): *When Computers Went to Sea. The Digitization of the United States Navy*, Los Alamitos et al., 62. Vertiefend hierzu Vardalas, John (1994): „From DATAR to the FP-6000 Computer: Technological Change in a Canadian Industrial Context“, in: *IEEE Annals of the History of Computing* 16(2), 20-30.