

"ZEITKANÄLE". FÜR EINE GENUINE MEDIENTHEORIE TECHNISCHER SPEICHER

Für eine nicht-metaphorische Theorie technischer Speicher
Übertragungszeit und Zeitkanal: Speichern als Kehrwert von Übertragung
Signale aus der Vergangenheit: Der Zeitkanal
Zwischen Speichern und Übertragen: die Verzögerungsleitung
Die Herausforderung an die Speicher(theorie): *memoryless systems*
Zwischenspeicherung der Gegenwart
Verspeicherung der Übertragung: die Telegraphie
Am Ende: Strukturspeicher

Für eine nicht-metaphorischen Theorie technischer Speicher

Während die Erforschung von individueller Erinnerung und kollektivem Gedächtnis seit Jahrzehnten floriert, fristet die Theorie technischer Speicher nach wie vor ein Schattendasein; von daher das Plädoyer für eine Entkulturwissenschaftlichung der Gedächtnisfragen. Techniknahe Medientheorie widmet ihre Aufmerksamkeit den nondiskursiven Bedingung der Medienkultur. Im Anschluß an Shannon hat die klassische Kybernetik (Helmar Frank) eine Ausdifferenzierung in Raum- und Zeitkanal unternommen. Speicher sind damit eine Form ausgesetzter oder aufgehaltener Übertragung, der zeitverschiebende, am Ende zeitaufhebende Kehrwert raumgreifender Kommunikation über technische Kanäle. Die technische "Evolution" (Gilbert Simondon) des Digitalcomputers erweist sich ganz wesentlich als die Lösung seiner Speicherprobleme, die gegenwärtig auf allumfassende Zwischenspeicherung als Signatur der digitalen Präsenz hinausläuft.

Eine der wenigen technisch präzisen Speichertheorien aus ingenieurstechnischer Sicht beschreibt für sequentielle Schaltungen "die Speicher als sogenanntes Gedächtnis"¹. In der Entwicklung früher elektronischer Digitalcomputer wurde *memory* noch in Anführungszeichen geschrieben. "When engineers talk about a computer's `memory´ they really don't mean a computer's memory, they refer to devices, or systems of devices, for recording electric signals which when needed for further manipulations can be layed back again. Hence, these devices are stores, or storage systems, with the characteristic of all stores, namely, the conservation of quality of that which is stored at one time, and then is retrieved at a later time. [...] 'memory' is a misleading metaphor for recording devices [...]."² Der Speicherbegriff hängt nach wie vor an der Schriftmetapher: "The process of storing or memorising information [...] is termed 'writing-in'. "³

1 P. Vingron, Zur Theorie binärer Speicherschaltungen, in: Regelungstechnik und Prozeß-Datenverarbeitung, Jg. 19 (1971), 539-542 (533)

2 Heinz von Foerster, Thoughts and Notes on Cognition, in: Paul L. Garvin (Hg.), Cognition: A Multiple View, New York / Washington (Spartan Books) 1970, 25-48 (29f). Deutsch in: ders., Sicht und Einsicht. Versuche zu einer operativen Erkenntnistheorie, Braunschweig / Wiesbaden (Vieweg) 1985, 47

3 magnetic core memories. what they are and how they function, London (Mullard Educational Service) o. J.
(<http://www.vt100.net/docs/misc/core>; Abruf 28. Mai 2014)

Die Speichermetapher für automatisierte Rechensysteme geht bis auf Charles Babbages Beschreibung seiner Analytical Engine zurück, deren Aufenthaltsort für numerische Zwischenwerte er "store" nennt: "The calculating parts of the engine may be divided into two portions: 1st The *Mill* in which all operations are performed; 2nd The *Store* in which all the numbers are originally placed and to which the numbers computed by the engine are returned."⁴

Das "re-presencing" (Vivian Sobchack) von Signalen aus dem technischen Speicher (früher Magnetbandaufzeichnung, nun Festplatten- oder Halbleiterspeicher) verkürzt jede historische Distanz "zur Wahrnehmung 'musaler Präsenz' im Gegenwartszeitfenster der Medien"⁵; die Eigenzeit der Speicher steht für eine "nicht-chronische Zeit"⁶.

Übertragungszeit und Zeitkanal: Speichern als Kehrwert von Übertragung

Technische Speicher speichern entweder ihrerseits Zeitabläufe (analoge Signalverläufe) oder Momentausschnitte daraus (alphabetisches oder binäres Sampling).⁷ Nur im gedächtnismetaphorischen Sinn gilt "Speicherzeit ist *leere oder tote Zeit*"; alphanumerische Daten, Buchstaben, Bilder, Töne und Zeichen warten vielmehr im kybernetischen Sinn auf Abruf. "Genau in diesem Sinne ist die Verweildauer im Speicher Latenzzeit."⁸ Unerbittlicher sind Speicher ihrerseits der tatsächlich physikalischen Zeit (der thermodynamischen Entropie) anheimgegeben, ihrem allmählichen Zerfall.

Nachrichtentechnisch begriffen führt der Speicher- zum Kanalbegriff - das eigentliche *medium* im Sinne Shannons (1948). Die entscheidende Operation in der mathematischen Theorie der Kommunikation ist die Kodierung einer Informationsquelle (eine Menge von zunächst diskreten Elementen mit wahrscheinlichkeitsgebundener, also stochastischer Verteilung, erweitert durch das Sampling kontinuierlicher Signale) zu Nachrichten hinsichtlich der optimalen Anpassung an einen störungsanfälligen respektive bandbegrenzten Übertragungskanal. *Nota bene* die Anführungszeichen: "Ein Übertragungskanal ohne 'Gedächtnis' führt abstrahiert zu zwei Räumen mit einem Wahrscheinlichkeitsfeld für den Übergang von Elementen des einen Raums zu solchen des zweiten. [...] Kanäle mit 'Gedächtnis' lassen die Übergangswahrscheinlichkeiten funktionell von der Vorgeschichte abhängen."⁹

4 Babbage hier zitiert nach: Wolfgang Coy, Speicher-Medium, in: Wolfgang Reisig / Johann-Christoph Freytag (Hg.), Informatik. Aktuelle Themen im historischen Kontext, Berlin / Heidelberg / New York (Springer) 2007, 79-104 (80)

5 Götz Großklaus, Medien-Zeit, in: Sandbothe / Zimmerli (Hg.) 1994, 36- (46)

6 Couchot, hier zitiert nach Götz Großklaus, Medien-Bilder. Inszenierung der Sichtbarkeit, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 2004, 185

7 Horst Völz, Allgemeine Systematik und Grenzen der Speicherung, in: die Technik, 34. Jg., Heft 12, Dezember 1979, 658-665 (658)

8 Götz Großklaus, Medien-Zeit, Medien-Raum: zum Wandel der raumzeitlichen Wahrnehmung in der Moderne, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1995, 46

9 Wilhelm Kämmerer, Mathematische und physikalisch-technische Prozesse der Kybernetik, in: Mathematische und physikalisch-technische Prozesse der

Speicherung wird gemeinhin den Techniken der Zeitaufhebung zugeordnet, telekommunikative Raumüberquerung denen der Übertragung. "Wir sprechen von einem Raumkanal, wenn Eingabe und Ausgabe nahezu gleichzeitig erfolgen (Telefon), von einem Zeitkanal, wenn beide nahezu am selben Ort erfolgen (Denkmal)" - respektive Archiv -, "von einem Raumzeitkanal in jedem anderen Falle (Buch)"¹⁰. Helmar Frank bevorzugt den "Ausdruck 'Zeitkanäle' als Oberbegriff zu 'Speicher' und 'Gedächtnis'"¹¹.

Die Kernoperationen technischer Analogmedien heißen Signale übertragen - wandeln - speichern; für den Fall digitaler Impulse kommt das komputative Prozessieren hinzu. Tatsächlich aber ist Prozessieren nichts Anderes als eine zeitkritisch zugespitzte Form von effektiver Signalübertragung und -speicherung.

Im jedem technischen Kommunikationsakt ist das eigentliche *medium*, der Kanal, eine "Einrichtung zur technischen Überbrückung von Raum bei Übertragungsmedien oder von Zeit bei Speichermedien"¹². Die von-Neumann-Architektur des Computers verschränkt beide Modi in Operationen der Zwischenspeicherung. Für digitale Echtzeit-Anwendungen ist es unabdingbar, Zwischenergebnisse in Puffern (ultra-)kurz zwischenzulagern für den dann nahezu unverzüglichen Weiterverbrauch. Das Oxymoron des "dynamischen Speichers" begründet einen prozessualen Begriff der Zwischenlagerung statt schlichter statischer Festwertspeicherung. Speicherung selbst transformiert damit von einem immobilen, statischen Zustand in dynamische, prozessuale *Zeitigung*.

Am Beispiel der buchstäblich unerhörten Akustik der Mercury Delay Line¹³ und der Williams Tube als Umnutzung der Braunschen Röhre (Oszilloskopie) zum Kurzzeitspeicher im digitalen Rechner stellt sich die Frage: Wo endet die Übertragung und wo beginnt der Speicher? Denn jede Übertragung, insofern sie Laufzeiten von Signalen im Kanal bedeutet (das temporale "Rauschen"), ist ansatzweise schon Zwischenspeicher. Wann gilt dies nicht mehr als das erweiterte Wahrnehmungsfenster von Gegenwart, sondern als davon separierter Speicher?

Die zeitdiskrete Speicherung ist der Kehrwert des Übertragungskanal. "Bei der technischen Speicherung ist keine Übertragung vorhanden. Mit einem Aufzeichnungsvorgang wird stattdessen das Signal, der Informationsträger als

Kybernetik, Berlin (Akademie-Verl.) 1963, 14-26 (18)

10 Helmar Frank, Zum Problem des vorbewußten Gedächtnisses, in: Brigitte S. Meder / Wolfgang Schmid (Hg.), Kybernetische Pädagogik. Schriften 1958-1972, Stuttgart et al. (Kohlhammer) Bd. 1, 1973, 37-xx (37)

11 Helmar Frank, Kybernetik, 1962, 90

12 Friedrich Kittler, Optische Medien. Berliner Vorlesung 1999, Berlin (Merve) 2002, 46

13 Siehe Alan M. Turing, The State of the Art, in: Alan Turing, Intelligence Service, hg. v. Bernhard Dotzler / Friedrich Kittler, Berlin (Brinkmann & Bose) 1987, 183-208

unveränderlicher Zustand fixiert. Zu irgendeiner späteren Zeit wird er dann wieder aktiviert und kann fast genauso wie bei der Übertragung genutzt werden."¹⁴

Abbildung: "Kanalspeicher", in: Völz 2017, xxx

Signale aus der Vergangenheit: Der Zeitkanal

Aus medienarchäologischer Beobachterperspektive sind Transfer und Speicherung zwei Seiten *einer* Münze namens Datenübergabe. Damit ist nicht nur die Überbrückung räumlicher Distanzen gemeint, sondern ebenso die zwischen Zeitpunkten (kulturell vertraut als Tradition). Unversehens erweist sich damit der Speicher als Kanal.

Elektronische "live"-Übertragung ist gedächtnislos, während Echtzeit *per definitionem* auf Datenpufferung im Akt der Prozessierung beruht. Emphatische Überlieferung über Zeiträume hinweg (*alias* "Tradition") bedarf des Archivs, das die Daten ihrer Mobilität zeitweilig enthebt. Makrohistorische Tradition läßt sich als Extremfall zeitlicher Kanalisierung, mithin also in Begriffen der Nachrichtentheorie deuten; deren rein formale Definition "hat den Vorteil, daß sie an keine hardwaremäßigen Ausführungen eines Kanals gebunden ist"¹⁵.

Die mathematische Theorie der Kommunikation, d. h. der Signalübertragung, handelt von extrem beschleunigten, raumübergreifenden Prozessen; demgegenüber stellt der Prozess von Datenerstellung, -archivierung und -transfer im Begriff von *Tradition* (und der Gedächtniswissenschaften) eine extrem verlangsamte Variante dieses Prozesses, und Archivwissenschaft damit eine Spezifikation von Kybernetik dar

"[...] whether these messages be sequences of dots and dashes as in the Morse code or the teletypewriter, or sound-wave patterns as in the telephone or phonograph, or patterns representing visual images as in telephoto service and television. In all communication engineering <...> the message to be transmitted is represented as some sort of array of measurable quantities distributed in time. <...> by coding, or the use of the voice, or scanning, the message to be transmitted is developed into a time series."¹⁶

14 Horst Völz, in Bd. I (Logik, Informations- und Speichertheorie) des Lehrbuchs Medientechnisches Wissen, hg. v. Stefan Höltgen, Berlin / Boston (Walter de Gruyter) 2017, xxx

15 Günter Weber, Zuverlässigkeit von Systemen und zuverlässige Kommunikation, in: Ernst von Weizsäcker (Hg.), Offene Systeme I. Beiträge zur Zeitstruktur von Information, Entropie und Evolution, Stuttgart (Ernst Klett) 1974, 265-302 (272)

16 Norbert Wiener, 1942, The Extrapolation, Interpolation und Smoothing of Stationary Time Series with Engineering Application, Typoskript datiert auf den 1. Februar 1942, 3: National Archives and Records Administration, Record Group 227 (Office of Scientific Research and Development), College Park, Maryland (USA), MFR, DIV.7-313.1-M2

Zeit, Statistik und Übertragung stehen als Medienoperationen im Verbund, als statistische Wahrscheinlichkeitsverteilungen über die Zeit. Shannons Übertragungsbegriff ist zeitkritisch: Ein Kanal der Kapazität C erlaubt, Informationsmengen einer Quelle der Entropie H fehlerfrei bis zu einer Geschwindigkeit C/H zu übertragen, wenn man eine geeignete Kodierung anwendet - die Kapazität von C bit pro Sekunde. "In general it may be represented by a suitable stochastic process."¹⁷ Der räumliche Kanal dient der örtlichen Übertragung von Signalen. Dessen Kehrwert ist der zeitlicher Kanal (*alias* Speicher, Gedächtnis):

"Man spricht [...] auch dann von einem Kanal, wenn es möglich ist, durch S zur Zeit t_1 im Kanal Signale zu erzeugen und durch E zur Zeit t_2 aus dem Kanal zu entnehmen [...]. In diesem Sinne sind auch Bücher, Tonbänder usw. 'Kanäle'. Treffen die angegebenen möglichen Bedingungen beide zu, so spricht man von einem *raumzeitlichen Kanal*. Mathematisch ist ein Kanal dann festgelegt, wenn eine statistische Verteilung für S und E gegebene ist, <...> und wenn außerdem für jedes Paar <...> die Wahrscheinlichkeit p <...> dafür festgelegt ist, mit der ein <...> ausgesandtes Signal <...> empfangen wird."¹⁸

Zwischen Speichern und Übertragen: die Verzögerungsleitung

Die medienarchäologische Analyse (gekennzeichnet durch ihre extreme Nähe zum technophysikalischen Ereignis) versucht sich an einer Aufhebung der diskursiven Dichotomie von "Übertragen" einerseits und "Speichern" andererseits. Verdinglicht ist diese Aufhebung in der Verzögerungsleitung. Die *delay line* dient "der Zeitverschiebung oder temporären Speicherung" stetiger oder diskreter Signale "mittels der Signallaufzeit in einer elektrischen Leitung bestimmter Länge oder auch in einer akustischen Übertragungsstrecke"¹⁹; zentraler symbolischer Operator ist mithin das *Delta-t*. Im Oxymoron des Dynamischen Speichers für Elektronenrechner kommt diese Aufhebung auf ihren Begriff als *terminus technicus*.

Im Arbeitsspeicher als flüchtigem Random Access Memory kann jeder Speicherwert "beliebig oft und mit großer Geschwindigkeit verändert werden"²⁰. Verzögerungsleitungen als Arbeitsspeicher in frühen elektronischen Computern verkörpern die zeitkritische Figur des $\Delta-t$, die Sphäre der Transformation von Übertragen in (Zwischen-)Speichern *vice versa*. Unter den *Delay Line Systems* figuriert prominent der Ultraschall- Verzögerungsspeicher.²¹ Hier wird ein nachrichtentechnisches Defizit, der Kanal in seiner materialen Widerständigkeit, der immer schon Verzögerungen der Übertragung bewirkt

17 Claude E. Shannon, The Mathematical Theory of Communication [1948], in: ders. / Warren Weaver 1963: 29-125 (65)

18 Georg Klaus (Hg.), Wörterbuch der Kybernetik, Bd. 1, Frankfurt/M. (Fischer) 1969, 294 f.

19 Wikipedia, Eintrag xxx, Abruf xxx

20 P. Müller, Speicher für nichtbinäre Signale, in: Helmar Frank (Hg.), Kybernetische Maschinen, xxx 1964, 151 ff. (153)

21 Michael Roy Williams, A history of computing technology, 2. Aufl. Los Alamitos, CA (IEEE Computer Society Press) 1997, Kap. 8: The First Stored Program Electronic Computers, 296-380

(das aristotelische "to metaxy"), als *relativer Speicher*, als Ultrakurzgedächtnis positiviert - ein produktiver Mißbrauch der materialen *différance*, die Verzögerung als produktive Variante des Rauschens: "The basic concept behind the device was to attempt to delay a series of pulses, representing a binary number, for a few milliseconds which, although a very short time, was a relatively long period as compared to the electronic cycle time of the machine. After they had been delayed for a short time, the pulses would be fed back into the dealy line system to again store them for a further short period. Repeated short delays would add up to long-term storage."²²

Diese Dynamik spitzt sich in Hochfrequenzröhren dramatisch zu. "Die Schlitze der einzelnen Hohlraumresonatoren bilden eine ringförmig geschlossene Verzögerungsleitung, auf der ein HF-Feld umlaufen kann, mit dem die Elektronen in Wechselwirkung treten"²³; die elektromagnetische Situation oszilliert buchstäblich zwischen Übertragen und Speichern - ein Fließgleichgewicht, eine Relation der Unschärfe.

Was Harold Innis im Großen der Kulturhistorie identifiziert hat - die verteilten Machtsysteme (*bias*) von zeitbasierter und raumbasierter Kommunikation -, wird techno-infrastrukturell zeitkritisch. Mathematische Verfahren der Zwischenspeicherung obsiegen über den Primat der Übertragung selbst. Digitalisierte Audio- und (Bewegt-)Bildübertragung wird effektiv im Sinne von Streaming durch senderseitige Kompressionsalgorithmen gemäß dem MPEG-Standard, die dann im Mikroprozessor des Nutzers in Echtzeit wieder zur Audio- oder Bilddatei zurückgerechnet werden. "Thus the CPU performance has substituted transmission capacity."²⁴ Diese Mathematisierung aber verschlingt nicht vollständig die Zeit der Übertragung, denn zwischen den Codecs findet zeitserielle Datenübertragung statt. Dieses Dazwischen aber ist der eigentliche Kern von Medien-im-Vollzug, der (Zeit-)Kanal. Die *Bit-mapped* Auflösung des zweidimensionalen Bild resultiert umgekehrt in einer Verzeitlichung des Bildes - das bildtelegraphische Prinzip, *en arché* (Alexander Bain, 1844). Bernhard Vief legt in "Die Inflation der Igel" dar, wie diese Operation kulturtechnisch präfiguriert wurde: in der Alphabetisierung der gesprochenen, zeitseriellen Sprache zum zeilenförmigen Text, resultierend im Druckbild einer "Geometrisierung der Zeit". Unvordenklich physikalische Zeitsignale werden erst als Symbol zeitlos idealisierbar, weil identisch reproduzierbar.

Der dynamische Speicher bedarf in regelmäßigen Abständen einer Regeneration seiner Speicherzustände. Dies erfolgt bei Halbleiterspeichern durch Refreshzyklen, bei Umlaufspeichern (Magnetostriktion in Nickeldrähten) durch periodische Regeneration der Signale. "In Energiespeichern wird der zu speichernde Wert in (meist elektrische) Energie umgesetzt und diese gespeichert. Als Beispiel möge der (nicht realisierbare) ideale Kondensator

22 Williams 1997: 306

23 Walter Conrad, BI-Taschenlexikon Elektronik - Funktechnik, Leipzig (VEB Bibliographisches Institut) 1982, 225

24 Hartmut Winkler, Geometry of Time. Media, Spatialization, and Reversibility, lecture given at conference *Media Theory on the Move*, Potsdam, 21 - 23 May, 2009, preprint http://homepages.uni-paderborn.de/winkler/hase_e.pdf, accessed October 10, 2017

dienen"²⁵, wobei der zu speichernde Wert durch eine Spannung dargestellt wird, die ihn auflädt; so ist auch der Memistor (*memory resistor*) als Speicherelement für nichtbinäre Signale "im Prinzip ein elektrolytisches Potentiometer"²⁶. Energieabhängige digitale Speicher benutzen als Speicherzellen Flipflops; diese konsumieren Leistung zur Erhaltung ihres Zustands und sind damit in Entropie verstrickt. Rückkopplungsspeicher halten einen Speicherwert durch ein kybernetisches Kernprinzip aufrecht. "Sie sind indessen für die Speicherung nichtbinärer Werte nicht üblich, weil rückgekoppelte Systeme nur weniger (meist 2) stabiler Zustände fähig sind"²⁷ - der elektronische Kippschalter als archaischster aller digitalen Zustände. "Im Betriebszustand der Aufzeichnung und Wiedergabe benötigen sie eine relativ hohe Leistung. Im Ruhezustand kann die Leistung jedoch um einige Zehnerpotenzen herabgesetzt werden."²⁸

Die klassische Verwaltungslehre trennt zwischen dem Register als Ablage, welche Vorgänge noch für den unmittelbaren Zugriff der gegenwärtigen Administration raum- und zeitnah bereithält, und dem Archiv, welches abgeschlossene Vorgänge selektiert, filtert und in gesonderten (*secreta*) Räumen als vergangene Zeit speichert. Die ontologisch vertraute Differenz zwischen gegenwärtigem Geschehen und Speicher (*alias* "Archiv") wird durch Aufeinanderfaltung im Computer aufgehoben. Der Computerspeicher ist technisch definiert als "a device into which information can be introduced and then extracted at a considerably later time"²⁹. Seine Funktion liegt im zeitlichen Verzug, in der Zeitaufhebung - "a circuit element which is used to isolate between stages"³⁰. Zwischenspeicherung, die als emphatischer Speicher gerade nicht mehr erfahrbar wird, ist die Signatur der digitalen Gegenwart. "Der gerade vergangene Augenblick einer dramatischen Fußballtor-Szene wird aus dem Speicher des Rekorders ohne zeitlichen Abstand reaktualisiert und der Gegenwart der Betrachtung wieder zugeführt. Im Replay ist das Intervall der Speicherzeit getilgt. [...] Intervall-Löschung ist das Prinzip von Vergegenwärtigung."³¹ Das *instant replay*, für analoge Video- und Fernsehbilder aus Menschensicht gerade noch wahrnehmbar, wird operative Praxis in jedem Akt der algorithmenbasierten digitalen Kommunikation. Der digitale DVD-Rekorder (seit 1998 auf Festplattenbasis) erlaubte durch eingebaute Pufferspeicher das zeitversetzte Sehen zugleich mit der aktuellen Aufnahme.³² *Time shifting* und *time stretching* sind ein Eingriff des Speichers in die

25 Müller 1964: 153

26 Müller 1964: 156

27 Müller 1964: 153

28 Horst Völz, Allgemeine Systematik und Grenzen der Speicherung, in: die Technik, 34. Jg., Heft 12, Dezember 1979, 658-665 (658)

29 Glossary, in: Edward B. Magrab / Donald S. Blomquist, The Measurement of Time-Varying Phenomena, New York et al. (Wiley) 1971, 314

30 Magrab / Blomquist 1971: 305

31 Götz Großklaus, Medien-Zeit, Medien-Raum. Zum Wandel der raumzeitlichen Wahrnehmung in der Moderne, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1995, 45

32 Günther Schatter, Zeitsouveränität und elektronische Medien. Das Programm und seine schrittweise Selbstaflösung (Buckower Mediengespräche 12. / 13. Oktober 2007 *Der Rezipient im Spannungsfeld von Zeit und Medien*), <http://webuser.uni-weimar.de/~schatter/txt/bmg11-zeitsouveraenitaet.pdf>, Abruf April 2013

Gegenwart selbst, inzwischen verdichtet zu einem Netz drängender Synchronizität zwischen E-Mails und Instant-Messenger-Nachrichten. "Das langsame Tempo gewährleistete eine Verzögerung der Reaktion über beträchtliche Zeiträume hinaus. Heute erfolgt Aktion und Reaktion fast gleichzeitig" (McLuhan 1964); was fehlt, ist die für neuronale Reaktionszeit unabdingbare "Halbsekunde" (Herta Sturm). Der Medienutzer weiß nicht mehr zu entscheiden, ob er überhaupt in der Gegenwart weilt.

Im EDSAC von 1949 lagen die Speicherdaten auf entsprechenden Kathodenstrahl-Monitoren, die Speichersegmente darstellten, aber aus kapazitären Gründen verschlossen waren - unanschauliche Binärdaten als Lichtpunkt / kein Lichtpunkt, das Gegenteil von Fernsehen. Erst ein parallelgeschaltetes Oszilloskop erlaubte Monitoring von Seiten der Ingenieure). Alternativ dazu die akustische Impulsausgabe als Sonifikation: Lautsprecher ließen sich durch die verschiedenen Impulse nach Verstärkung direkt ansprechen. Lag die Taktfrequenz im NF-Bereich der menschliche Hörschwelle (oder durch entsprechende Transposition), machte dies den Verlauf eines Programms akustisch wahrnehmbar; der dynamische Speicher ist implizit sonisch und damit von hoher "Musikalität".

Im technischen Speicher wird eine Information in ihrer Verkörperung als Signale fixiert, d. h. von ihrem Informationswert zeitweilig suspendiert. Schrift und Buchdruck, ebenso wie der Magnetkernspeicher als strukturelle Speicher bedürfen, um ihren informationellen Wert wieder zu entfalten, der operativen Dekodierung im Akt des Lesens. "Zeitobjekte", etwa Tonaufnahmen, gerinnen als energetischer Zustand in die Form der Schallplatte, die ihrerseits des Plattenspielers bedarf, um wieder in Vollzug gesetzt zu werden, ebenso wie das Magnetband und der Trommelspeicher im Digitalcomputer. Im Moment der Sendung aber kollabiert die Differenz zwischen "live" und "from tape". Die "Aufhebung" von Signalen, wie sie etwa eine *transduction* des Schallereignisses als In-Formation eines Tonträgers darstellt, hält sie bereit, in den Übertragungskanal geschickt zu werden. Statt einer aktiven technischen Übertragung aber ist Speicherzeit schiere Dauer, ihrerseits zeitanfällig für Rauschen (physikalischer Verfall, Dekomposition, Störungen von Außen).

Übertragungs- und Speichermedien sind "nicht schlicht zwei Grenzwerte ein und desselben Kanalprozesses. Bei der Signalübertragung - Heaviside hat es für Telegraphiekabel berechnet - wird nämlich zwischen Signalen und physikalischem Kanal selbst ein induktiver Effekt erzeugt, wie es bei residenten, gespeicherten Signalen - etwa dem Buchdruck - so gut wie nicht geschieht"³³ - von peripherer Entropie zwischen Druckschrift und Papier einmal abgesehen, das mit der Zeit verrauscht, verschmiert - ein Grenzwert jener Induktion? Die medientechnische List der Rundfunkmedien liegt darin, den Kanal, auf dem die Signale übertragen werden, selbst zu erzeugen: hochfrequente elektromagnetische Wellen.

Strikt im Sinne von Foucaults Definition von *l'archive* nisten "archivische" Operationen in Shannons *Mathematical Theory of Communication* in Prozessen der Kodierung und eskalierten in zweiter Ordnung in den Codecs der Datenkompression. Nachdem eine Datenquelle eine Nachricht generiert hat,

33 Kittler 2002: xxx

wandeln Sender diese latente Nachricht nach den Regeln eines verabredeten Codes in Signale (*transducer*), damit das *technische* System sie überhaupt übertragen kann. Im Kanal findet diese Übertragung (verlust- und störbehaftet) tatsächlich statt. In Übertragungs- wie Speicherprozessen ist diese Nachricht buchstäblich *adressiert*; es obsiegt das Dispositiv der Post. Das Internet als vernetzte Server ist primär eine gewaltige Kopiermaschine.

Die Herausforderung an die Speicher(theorie): *memoryless systems*

In der diagrammatischen Modellierung eines symmetrischen Kanals, dessen Sender- und Empfängeralphabet aus genau zwei Zeichen besteht, hängen empfangenen Zeichen nicht von denjenigen Zeichen ab, die *vor* ihrem entsprechenden Senderzeichen übertragen wurden. "Dafür sagt man 'der Kanal ist ohne Speicherung' (englisch 'memoryless')." ³⁴ In rein kombinatorischer Schaltung ist jeder Eingangsbelegung genau ein Wert der Ausgangsvariablen zugeordnet; eine solche Schaltung kann als Kanal aufgefaßt werden. Zum Begriff des *memoryless channel* kommt es genau dann, wenn der Ausgangswert nur vom aktuellen Eingangswert, nicht aber vorangegangenen (oder gar künftigen, präemptiv) abhängt, im Unterschied zu Markovketten *n*-ter Ordnung. Ein Markovprozeß (oder eine -kette) ist "a mathematical model for the random evolution of a memoryless system, that is, one for which the likelihood of a given future state, at any given moment, depends only on its present state, and not on any past states" ³⁵. Der nachrichtentechnische Begriff des *memoryless channel* unterscheidet sich vom gedächtnisbegabten Speicher, in dem die Signalfolge von ihrer (je nach "Ordnung") unmittelbaren Vergangenheit als deren Funktion abhängig ist. Das ist mathematischer Historismus. Darauf, daß "die anscheinend so grundlegende und notwendige Funktion der Speicherung" bei Shannon gar nicht vorkommt, lautet die Antwort, "daß sich die Funktion Speicherung in der <...> Mathematik der Code-Optimierung versteckt, aber auch erschöpft" ³⁶.

"The function of the transmitter is to *encode*, and that of the receiver to *decode*, the message. The theory provides for very sophisticated transmitters and receivers - such, for example, as possess 'memories', so that the way they encode a certain symbol of the message depends not only upon this one symbol, but also upon previous symbols of the message and the way they have been encoded." ³⁷

Anders formuliert: "The input to the transducer is a sequence of input symbols and its output a sequence of output symbols. The transducer may have an internal memory so that its output depends not only on the present input symbol but also on the past history. We assume that the internal memory is

³⁴ Weber 1974: 273

³⁵ Editorische Anmerkung zu: Abraham A. Moles, *Cybernetics and the Work of Art* [FO 1965], in: Margit Rosen (Hg.), *A Little-Known Story about a Movement, a Magazine, and the Computer's Arrival in Arts. New Tendencies and Bit International, 1961-1973*, Karlsruhe (ZKM) / Cambridge, Mass. (MIT) 2011, 217-225 (225)

³⁶ Kittler 2002: xxx

³⁷ Shannon / Weaver 1963: 17

finite, i. e., there exist a finite number m of possible states of the transducer and that its output is a function of the present state and the present input symbol."³⁸

Die sendungssichernde *Übertragung* von Daten bedarf eines Protokolls (Galloway); für einen Moment also ist das techno-mathematische *archive* (im Sinne Foucaults) am Werk zeitkritischer Nachrichtenkommunikation. "Auch wenn <...> die anscheinend so grundlegende und notwendige Funktion der Speicherung bei Shannon gar nicht vorkommt, kann man <...> darauf <...> antworten <...>, daß sich die Funktion Speicherung in der <...> Mathematik der Code-Optimierung versteckt, aber auch erschöpft."³⁹

Echtzeit-Operationen prozessieren Daten in kybernetischer Optimierung "in time with a physical process so that the results of the data-processing are useful in guiding the physical operation"⁴⁰. Während der Analogcomputer nahezu mit der Geschwindigkeit von Elektrizität selbst Prozesse in Echtzeit zu simulieren vermag, konsumiert digitale Signalverarbeitung (DSP) aufgrund ihres algorithmischen Charakters Zeit, konkret: Kaskaden der Zwischenspeicherung, Pufferung und Verzögerung von Daten.

Zwischenspeicherung der Gegenwart

Endliche Automaten haben keinen expliziten Speicher; sie (er-)kennen vielmehr nur aktuelle Zustände nach Maßgabe tabellierter Vorschriften. Im Programmspeicher wird diese Vorschrift ihrerseits vorgehalten. In der Programmierbarkeit der von-Neumann-Architektur des gängigen Computers stellt der Arbeitsspeicher keinen physikalisch separaten Raum da (wie das Archiv gegenüber der Verwaltungsgegenwart), sondern ist Teil der erweiterten Gegenwart der Davenverrechnung selbst.

Es ist "ein Indiz unserer historischen Lage <...>, wenn alle Medien <...> als Übertragungsmedien und nicht als bloße Speichermedien definiert werden"⁴¹; auch im Computer untersteht der Speicher dem Primat des beständigen oder momentan suspendierten Datentransfers. Gegenüber der Akzentverschiebung von der Speicherung zur Übertragung mit dem Auftreten technischer Kommunikationsmedien - von der Telegraphie bis hin zu elektronischen Nachrichtenmedien - kehrt gerade in den *online*-Medien der Gegenwart (Internet und mobile Funkkommunikation) der Speicher in einer nahezu unbemerkten Form wieder ein. Akute Telekommunikation verschiebt sich von der Ebene der technischen *live*-Übertragung (Analogsignale) auf die Ebene der diskreten algorithmischen Verarbeitung im Bereich digitaler Nachrichtentechnik.⁴² Digitale Datenverarbeitung ist auf Seiten der Register im Herzen des Computers, aber auch auf anderen nachrichtentechnischen Ebenen auf Zwischenrechnungen aller Art, nämlich Mikrospeicher und -puffer

38 Shannon / Weaver 1963: 57

39 Kittler 2002: xxx

40 Magrab / Blomquist 1971: 316

41 Kittler 2002: xxx

42 In diesem Sinne Bernhard Siegert, *Relais. Geschicke der Literatur als Epoche der Post*, Berlin (Brinkmann & Bose) 1993, 285

angewiesen; diese Zwischenspeicherung definiert geradezu das algorithmische Wesen der digitalen Kultur. Tatsächlich handelt es sich hier um eine Verschränkung von (Zwischen-)Speichern und Übertragen. Was als Gegenwart wahrgenommen wird, ist tatsächlich schon ihre beständige Mikroarchivierung - nicht im Sinne des institutionellen Archivs, sondern der geordneten Zwischenspeicherung.

Verspeicherung der Übertragung: die Telegraphie

- "The 'relay' system not only acted as a means of amplifying and propagating a signal across space but served as a primitive memory element in the telegraphic system, a dynamic factor that could store the message, however briefly, so that it could be sent the next twenty miles. <...> If memory is just a specialized case of delay, then the electromagnetic relay <...> is the first instance of a storage medium that shares key properties with subsequent and current forms of computer memory."⁴³

Der telegraphische Schnellgeber bedarf zur zeitkomprimierten Übertragung des ultrakurzfristigen Zwischenspeichers (Δt); umgekehrt erweist sich damit Verzögerung lediglich als ein Spezialfall von Übertragung. Hier artikuliert sich das Wesen digitaler Kommunikation: die technisch notwendige Zwischenspeicherung, die in algorithmischen Verfahren rechnerisch eskaliert

In der kabelgebundenen Telegraphie wurde der Telegraphenstreifen zumeist kurz nach der Dekodierung, also Umsetzung der Symbole in das Regime der alphabetischen Schrift (im Unterschied zur signaltechnischen Graphie) vernichtet, wengleich etwa das Telegraph Museum von Porthcurno im britischen Cornwall (der ehemaligen Schichtstelle zwischen Festland und Atlantikkabel) über ein "Cable & Wireless Archive" verfügt. So harren keine bislang unentzifferten telegraphischen Nachrichten ihrer Verkündung, die noch als Signalschrift auf Papierstreifen im Archiv lagern. Ein induktiver Gedächtnisrest lagert vielmehr in den Kabeln selbst. Eine elektrische Impulsfolge, über Kabel geschickt, hinterläßt magnetische Remanenz; so speichern die Reste der ehemaligen Atlantik-Kabel noch Spuren ihrer damaligen Botschaften - Gegenstand medienarchäologischer Forensik wie die Datenspuren auf verkohlten Computerfestplatten.⁴⁴

Kabel- und funkbasierte Telegraphie bilden eine *harmonia* im altgriechischen Sinne der "gegenstrebigen Fügung" (Jakob Taubes' Übersetzung von Heraklit). Drahtlose Telegraphie an sich ist gedächtnislos wie aller Rundfunk; erst mit Überlichtgeschwindigkeit sind die im Weltall vererbenden Signale prinzipiell einholbar, wie in Babbages "Nineth Bridgewater Treatise" oder im Film *First Contact* visioniert.

⁴³ Paul DeMarinis, Erased Dots and Rotten Dashes, or How to Wire Your Head for a Preservation, in: Erkki Huhtamo / Jussi Parikka (eds.), Media Archaeology. Approaches, Applications, and Implications, Berkeley / Los Angeles / London (University of California Press) 2011, 211-238 (215)

⁴⁴ Matthew Kirschenbaum, Mechanisms. New Media and the Forensic Imagination, Cambridge, MA (The MIT Press) 2008

Die indigenen Amerikaner haben jene Telegraphenleitungen, die ab Mitte des 19. Jh. die USA überland durchzogen, "singenden Draht" genannt, weil sie im telegraphischen Betrieb surrten.⁴⁵ Umgekehrt wurde um 1900 bewegter millimeterdünner Stahldraht befähigt, durch Magnetisierung elektrisch gewandelte Stimmsignale zu speichern (Poulsens Telegraphon, der spätere Wire Recorder) - umgekehrt proportional zur Übertragung von Stimmen über Telephonieleitungen. Die gleiche kommunikationstechnische Materie befähigt, je nach Schaltung des Aggregats, wechselweise zu Speicherung und / oder Übertragung.

Am Ende: Strukturspeicher

Wie also am Ende der Alternative Speichern und / oder Übertragen entrinnen? Photographie und Telegraphie standen am Anfang wirklich technischer Medien. Von den Speichermedien aus kommen die Übertragungsmedien schwer in den Blick. Signalübertragung hinterläßt kaum Spuren, darum fanden sie kaum Eingang in symbolische Ordnung der Geschichte als Historiographie; somit stellt sich die Frage nach dem dritten Term gegenüber Speichern und Übertragen.

Mit dem unmittelbaren Zugang zur "Cloud" externer Server ist es mittlerweile effektiver, statt Werte im Speicher zu akkumulieren, ein Ergebnis ganz neu zu errechnen, um aktuellere Entscheidungen zu treffen, *on-the-fly*. Bedingung dafür ist - diesseits konkreter Gedächtnisinhalte - der strukturelle Speicher. Heinz von Foerster beschreibt den mechanischen CURTA-Handrechner als Strukturspeicher: "Ganz offenbar wird die Information im Rechner in struktureller Weise gespeichert. Durch die Art, in der die Räder interagieren, durch Einkerbungen und Verbindungsstifte, wird die gesamte Information, die für das Erreichen des richtigen Ergebnisses notwendig ist, im Konstruktionscode der Maschine, oder, um es biologisch zu sagen, in ihrem genetischen Code, niedergelegt."⁴⁶ Zwar operiert das Nervensystem "wie ein Rechner", doch ist das Gehirn nicht "ein Speicher für eine gigantische Tabelle"⁴⁷.

Medienarchäologie unterteilt Speicher zunächst nach dem physikalischen, dann nach dem logischen Prinzip. "In Strukturspeichern wird der Speicherwert durch die Struktur des Speicherelements (Abgriff eines Potentiometers, Richtung der Magnetisierungsvektoren eines ferromagnetischen Materials) gekennzeichnet."⁴⁸ Die Verdrahtung eines Mikroprozessors bildet einen Strukturspeicher; von daher verlangt die Überlieferung der aktuellen Medienkultur nicht nur große Datenmengen, sondern auch deren Hardware-

45 Thematisiert im Lucky Luke-Comic *Der singende Draht* von 1977 (Hinweis Jan Claas van Treeck, Juni 2012)

46 Heinz von Foerster, Gedächtnis ohne Aufzeichnung [Vortrag 1963], in: ders., Sicht und Einsicht. Versuche zu einer operativen Erkenntnistheorie, autorisierte dt. Fassung v. Wolfram K. Köck, Braunschweig / Wiesbaden (Vieweg) 1985, 133-xxx (134); Abb. des Handrechners ebd., 49

47 Von Foerster a.a.O.: 135

48 Müller 1964: 153

Bedingung konservatorisch mitspeichern - als Objekte künftiger
Medienarchäologie und -forensik.⁴⁹

⁴⁹ Ein Hinweis von Stefan Höltgen, HU Berlin