[Wolfgang Ernst: SCHRIFTEN ZUR MEDIENARCHÄOLOGIE]

KONVOLUT "DIGITALISIERUNG (Technik, Diskurse, Wissen)"

[bislang unpublizierte, weitgehend redigierte Themenblöcke, teilweise resultierend aus vormaliger Vortrags- und Vorlesungsskripten]

DIE GROSSE TRANSKRIPTION. Techniknahe Analysen zum Techno- sowie *Chronológos* der "Digitalisierung"

Thematische Sektionen:

- (Kultur-)Techniknähe
- Diskursanalysen
- Medienarchäologische Erdung des "Digitalen"
- *Chronológos* der Digitalisierung

Detailliertes Inhaltsverzeichnis (kapitelweise):

(Kultur-)Techniknähe:

Vorweg: Der medienarchäologische Impuls

MEDIENARCHÄOLOGIE DER NUMERISCHEN "DIGITALISIERUNG"

- Rekurs: eine *Medienarchäologie* der Zahl
- "Digitalisierung": zählen statt erzählen
- Die konkrete Verkörperung des Symbolischen im Realen: das "Bit"
- Begriffsverengungen: "Digitalisierung" als Metonymie des Algorithmus

DIGITALISIERUNG KONKRET. Techniknahe "Erdung" eines aktuellen Umbruchs in der Medienkultur

- Kein Oxymoron: "Kontinuierliche Digitaltechnik", und der Begriff von "Technologie"
- Die "Digitalisierung" an der Wurzel packen: der A / D-Umsetzer
- Debugging, und die Konkretheit des Digitalen im Vollzug
- Rückkehr zum technischen Kern der "Digitalisierung"
- Resistenz gegenüber der "Digitalisierung" oder fatale Strategie ihrer Überbietung?
- "Digitalisierung" - nicht mehr blosse Kulturtechnik, sondern Technologie
- Für eine "konkret studierende Medienwissenschaft" am Beispiel von RFID
- Digitalisierung als "Zeit des Weltbilds" (Heidegger)
- "Es wird Zeit die Technik und nicht ihren Einsatz zu betrachten" (eine mediensoziologische Perspektive)
- Das Verschwinden der technisch konkreten *digitization* hinter dem Diskurs der *digitalization*. Eine kritische Hinterfragung des Begriffs
- Dissimulation des Digitalen: Die Unsichtbarkeit des A / D-Umsetzers

TECHNIKNAHE ARCHÄOGRAPHIE DER DIGITALISIERUNG

- Nun auch maschinenseitig: Die Lesbarkeit des Digitalen

Exkurs zu Leibniz' Dyadik: Von der Entfesselung der Symbole gegenüber der Theologie

- Die technisch konkrete Szene der Digitalisierung: der Analog-zu-Digital-Wandler

Exkurs: "Durch digitale Medienprozesse induzierte Irritationen menschlicher Wahrnehmung"

- Die "Originalkopie": das Sampling zwischen Theorem und technischer Realität

WELTVERLUST DURCH DIGITALISIERUNG?

- Digitalisierung und die indexikalische Spur

- "Tertium non datur"?

- Aufenthalte im Dazwischen des "Digitalen"

- De/initionen: An den Grenzen der Digitalisierung

- "Digitale" Dateneingabe

DER WIDERSTAND DES (MATE-)REALEN

- Dissimulation der Hardware

- Der Widerstand des MateRealen (1): Industriemaschinen vs. Turingmechanismus

- Der Widerstand des MateRealen (2): Digitalisierung als Subjekt und Objekt des Museums

Interpolation: Zuse und / als die Z3

Intermezzo: Zur Materialität des Buches angesichts der digitalisierten Universität

Interpolation: "Speech-to-text" (Ausstellung Weimar)

- Die materielle Insistenz einer Klangausstellung: eine "Diskriminierung"?

- Zur Musealisierung von Software - ein "Unding"

- Emulation als eine neue Form des *musée imaginaire*? Der Computer als Subjekt und Objekt von "Musealisierung"

- (K)Eine medienmuseale Demonstration: Bits bitweise übertragen

- Das "virtuelle Labor": Elektrizität im Symbolischen wie im Realen erkunden

- Gegenwartsbetrug: Ein virtueller Museumsbesuch und das Versprechen des "live" im Digitalen

- Texte als Realien vs. digitale Dateien

- *Blended perception*: Exkurs zum Begriff "hybrider" Mediensysteme (analog / digital)

- Zwischen *extended* und vollends *virtual reality*

Diskursanalysen:

PRAKTIKEN DER "DIGITALISIERUNG"

- Eine Begriffskritik der "Digitalisierung"
- Digitalisierung als mathematische Approximation an die physikalische Welt
- "Aufhebung" der Dichtotomie von Geist und Materie ("digital" und "analog") im technomathematischen Raum, oder deren fortwährende Verschiebung (*différance*) in Friktionen und Rauschen?

HYBRIDISIERUNG DES "DIGITALEN"

- Digitalisierung an den Grenzen zur Quantenphysik
- Analoge Hybridisierungen des Digitalen
- "Analog ist das neue Bio"?

AV-MEDIEN UND IHRE "DIGITALISIERUNG"

- Zum "Welttag des audiovisuellen Erbes"
- Segnungen der digitalen Übertragung
- "Sofort, unverzüglich" (Günther Schabowski): Instant Messaging
- Zur Indexikalität des "Live Streaming"
- "Go-live" in Zeiten digitalisierter Kommunikationskanäle?
- Die verpixelte Passage: Jim Campbells *Church on 5th Avenue* (2001)
- Approximation der Digitalisierung an die physikalische Welt? Das Abtasttheorem
- Diesseits der Sinne: digitale Signalverarbeitung und die Photographie
- Das technische Bild als Funktion seiner Digitalisierung
- Digitalisierung und Datenkompression

Chronológos der Digitalisierung:

EPOCHEN DER DIGITALISIERUNG. Eine ebenso zeit-kritische wie techniknahe Analyse ihrer sonische Zeitweisen

- Time-Stretching als Zeitweise des Digitalen
- Die technologische Möglichkeitsbedingung der digitalen Zeitdehnung: der Sampler
- Sonische Gewalt: "Troubled Air"
- "Analog" dagegen mit Cage: "As slow as possible"?
- Sonik elektronisch konkret
- Nach der sonischen Zeitdehnung: Sunn O)))
- Die technische Realität hinter Sunn O))) : Gitarrenverstärker
- Der elektronische Gitarrenverstärker an der Grenze zum Digitalen
- [Exkurs zur Verschränkung von Klang und Rechtecksignal in der Genese von Sonar und Radar]
- Zur Emulation des Realen in der Digitalen Signalverarbeitung
- Exkurs: Für einen medienwissenschaftlichen Begriff von "Musik"

Erdungen des "Digitalen":

MEDIENTHEORETISCHE ARBEIT AM BEGRIFF DER TECHNOLOGIE.

Erkenntnisfunken aus dem Innern der Maschine am Beispiel der "Digitalisierung"

- Der *lógos* technischer Artefakte. Transitive Medientheorie als konkrete Medienarchäologie
- *Grounding media*: der medienarchäologische Primat der "Erdung"
- *Medienontologischer Exkurs zum Begriff der "Emulation"*
- Wie antiquiert ist das "Fax" gegenüber der digitalisierten Signalübertragung wirklich?
- Die "Erdung" der Komputation im realen *computing*
- "Urszenen" der Digitalisierung
- Techno-logische Konkretisierung: Zum Neologismus "phygital"

UNZEIT DER DIGITALISIERUNG

- Techniknahe Arbeit am Begriff der "digitalen Transformation": der "Datenstrom" - Metapher oder technische Faktizität?
- Der *Technológos* der "großen Transkription"
- Zwifach zeit-kritische "Unzeit": Digitalisierung als Fort- oder schlicht als Zwischenschritt?
- Getaktete Operativität und die Zeitvergessenheit des Digitalcomputers
- Für eine wirklich zeitkritische "Philosophie" der PCM
- Die tatsächlich zeitigende Abtastung: der differentielle A / D - Wandler
- Digitalisierung von Bildern: eine Welt der Zwischenspeicher
- Die Räderuhr und die Diskretisierung der Zeit
- Verunzeitlichung? "Analoges" Sampling

DAS BISTABILE KIPPELEMENT

- Die technisch wie neuronal konkrete *dynamis* des "Bit"
- Das technomathematische Kernereignis der "Digitalisierung": der bistabile Kippspeicher
- *Exkurs zum Analogcomputer*
- Die materielle "Affordanz" des Digitalen: eine genuine Techno-Logik
- Onomatopoesie: „Flip-flop“
- Missbrauch von Elektronik: Die Röhre in der Rolle der Relais (digital)
- Bistabile Kippschaltung als Missbrauch der Elektronenröhre
- Die Kippschaltung als Wissensgeschichte erzählen?
- Bonch-Bujevitch und die Frage nach dem Ursprung
- Der bistabile Kippspeicher als der *Technológos* der Digitalisierung

DIGITALES COMPUTING ALS (ZEIT-)FUNKTION BINÄRER SCHALTUNG

- "Treat time as discrete" (Turing)
- Der binäre Schalter und das Zeitmomentum
- Zeitkritische Signale: Sägezähne, Kippspannungen
- Aufge(sc)hobene Zeit: Für eine Theorie technischer *Zwischenspeicher*

=====

(Kultur-)Techniknähe:

Vorweg: Der medienarchäologische Impuls

Die folgenden Ausführungen widmen sich dem medienkulturellen Phänomen, vor allem aber der technischen Praxis der sogenannten "Digitalisierung". Die Gliederung in drei Themenfelder - die wirklichen Techniken der Digitalisierung, ihre diskursiven Effekte namens Medienkultur, sowie ihre konkreten Auswirkungen auf das Wesen der universitären Wissenschaft, erfolgt augenscheinlich vertikal; indessen sind alle Teilgebiete ihrerseits horizontal von der triadischen Fragestellung durchwirkt. *Exkurse* in den Unterkapiteln entzerren die mäandernde Argumentation zugunsten einer Intervallschachtelung. Quer dazu insistiert der medienarchäologische Wille zur technologischen "Erdung" der Thematik.

Die Analysen und Argument gehen im Ganzen nicht so sehr den diskursiven Effekten, sondern den technologischen Möglichkeitsbedingungen der aktuellen Digitalisierung auf den Grund und machen zugleich mit Medienarchäologie als *einer* Methode der Medienwissenschaft der "Berliner Schule".¹

Vorab indes ein Eingeständnis. Absicht ist es, unter Abkürzung diskursiver Eskapaden medienarchäologisch radikal sogleich *medias in res* der sogenannten "Digitalisierung" zu gehen. Dennoch lassen sich die folgenden Argumente dabei ertappen, sich bisweilen (sei es als "Medienwochenschau", sei es in *Exkursen*) in diskursanalytischen Stellungnahmen zur COVID-pandemiebedingten Debatte (2020-2022) um "Digitalisierung", speziell hinsichtlich der Universität, zu verlieren. Die medienwissenschaftliche Kunst liegt darin, diesen Bogen wieder zu seiner technologischen Begründung zurückzuschlagen.

Die medienarchäologische Strategie liegt also darin, die Reden einer ubiquitären "Digitalisierung" zunächst als diskursives Phänomen abzuholen, um sie dann medientechnisch zu "erden." Damit zum Begriff der techniknahen "Erdung" im Titel dieses Kapitels zum aktuellen Umbruch in der Medienkultur. Auf den ersten Blick ist die "Erdung" ein Spiel mit der medienarchäologischen Ausgrabungsmetapher, aber tatsächlich ist sie strenger gemeint - und schon gar nicht im Sinne

¹ Eine Grundlage der folgenden Ausführungen bilden die Skripte zur Vorlesung "(UN-)ZEIT DER DIGITALISIERUNG. Techniknahe 'Erdung' eines aktuellen Umbruchs in der Medienkultur" im Masterstudium Medienwissenschaft, "online" übertragen aus dem Medientheater der Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2020 / 21, sowie zur ebenso von dort aus als Livestream gesendeten Vorlesung "TECHNIKNAHE MEDIENANALYSE. Konkrete Fallstudien zu Methoden der Medienarchäologie und -epistemologie" im Bachelorstudium Medienwissenschaft, Sommersemester 2021

agrikultureller Pflanzung, sondern vielmehr im Sinne jener präsozialistischen Allianz von *téchne* und *physis* als Hervorbringung, an die Martin Heideggers Technikkritik erinnert. Dies gilt auch für ihr Äquivalent im Englischen, das *grounding*. Die "grounded theory" ist eine Methode der qualitativen Sozialforschung dar und wird - in Anlehnung an Charles S. Peirces Begriff der Abduktion - als „gegenstandsbezogene Theoriebildung“ oder „datengestützte Theoriebildung“ verstanden - die sich adaptisch, oder dynamisch, je nach Datenlage anpaßt. Das „Grounded“ im Namen "soll auf die Verankerung der Theoriebildung in der Empirie, in den Daten hinweisen². Doch techniknahe Medienanalyse ist keine Sozialwissenschaft, sondern radikale Medienarchäologie, sprich: einerseits elektrotechnisch die Ableitung von Strömen ins Erdreich, zugleich aber i. S. Heideggers das Dasein des symbolisch "Digitalen" in der wirklichen Maschinenwelt. Dieses *double-bind* einer technisch-philosophischen Doppeldeutung des Begriffs ist charakteristisch für eine Medienepistemologie der Marke "Berliner Schule".

MEDIENARCHÄOLOGIE DER NUMERISCHEN "DIGITALISIERUNG"

Rekurs: eine Medienarchäologie der Zahl

Mit dem Stichwort "Digitalisierung" assoziiert der Diskurs selbstredend den Computer. Doch die *arché* der Digitalisierung setzt recht eigentlich bereits in ihrem typographischen Vorfeld an: mit dem Buchdruck (McLuhans *Gutenberg Galaxy*), der seinerseits vorgeprägt ist durch die Kulturtechnik der alphabetischen Schrift als "Operationskette", die ihrerseits eine Funktion der artikulierten Sprache darstellt. Der *Technológos* offenbart sich allein in der Verleimung von logischer sowie materieller Gegebenheit einerseits, und Medium-im-Vollzug andererseits.³ Der *Technológos* ist ein gleichursprünglicher im Sinne der Leroi-Gourhanschen Koevolution von "Hand und Wort", konkreter hinsichtlich der Digitalisierung: von Zahl als konzeptueller Abstraktion und Zählen. Oliver Schlaudt untersucht in seinem Buch *Das Technozän. Eine Einführung in die evolutionäre Technikphilosophie*, "wie im Zuge der Evolution Mensch und Technik gemeinsam und in stetiger Wechselwirkung entstanden sind. Wie hat die Technik" - mithin als dritter Koeffizient - Körper und Geist des Menschen geprägt?"⁴ Wie aber schlug evolutionär das mit dem Daumen handwerklich eskalierte Greiforgan

² https://de.wikipedia.org/wiki/Grounded_Theory, Abruf 23. Januar 2021. Siehe Barney Glaser / Anselm Strauß: *Grounded Theory: Strategien qualitativer Sozialforschung*, hg. v. Hans Huber, Göttingen 2010

³ Dazu Till. A. Heilmann, Zur Vorgängigkeit der Operationskette in der Medienwissenschaft und bei Leroi-Gourhan, in: *Internationales Jahrbuch für Medienphilosophie*, Bd. 2 (2016), Heft 1, 7-29 (10 f.)

⁴ Frankfurt / M. (Klostermann) 2022, Klappentext

Hand⁵ (als primäre Diskretisierung) um in ein Werkzeug der Zählung - eine Operation, die mithin dann überhaupt erst das kulturelle Konzept der "Zeit" hervorbrachte?

"Seit der Entwicklung von Zahlen werden Hände auch als Vergleichsgröße für das Zählen genutzt" - oder verhält es sich umgekehrt, so dass der Logos des Zählens erst der evolutionär ererbten Hand entsprang?"⁶

Aktuell entspricht der Korrelation von abstrakter Zahl und konkretem Zählen die von metamathematischer Komputation (Turing 1936/37) und realzeitlichem *computing*. Tatsächlich sind hier die alphanumerischen Zeichen und Operationen der "Digitalisierung", also Buchstaben, Ziffern und mathematische Operatoren, physikalische Verkörperungen, also Materie und Energie. Die informationstheoretische) Idealisierung zu "Abstraktionen" (oder Vergeistigungen) sind buchstäblich *ab*straktionen, also Effekte der Alphabetisierung. Im physikalisch Realen aber ist jeder Buchstabe als Inskription verwechselt, und seine Dekodierung in der Lektüre eine Mustererkennung. Diese aber "rechnet" (gleich Rosenblatts Perceptron) nicht mit Gewissheiten, sondern mit stochastischen Gewichtungen als Wahrscheinlichkeiten; zum Symbol wird hier das Signal erst als kognitive Repräsentation im virtuellen (bioneuronal kognitiven oder computerbasierten) Feld. Jeder platonische Körper ist in realer *physis* geerdet (erinnert Aristoteles) und zugleich mehr als *brute matter*, sondern eine Operation des *Technológos*, der sich humane Kultur zum Medium (s)einer Erkenntnis gemacht hat. Technische Signalverarbeitung ist eine Rekursion dieses *Technológos*. Die scheinbare Vorgängigkeit des *lógos* gegenüber der materialisierten und sequentiell in die Welt, also als in die Zeit gesetzten *téchne* ist indes weder eine historische oder sprach-strukturalistische, sondern eine wahrhaft prä-historische *arché*: nicht im platonisch-philosophischen, sondern *medienarchäologischen* Sinne, d. h. ausgehend von einer unvor"denklichen" *physis*.

Was an Zeichenverkettungen hinsichtlich des *computing* zählt, ist nicht ihre Semantik als Funktion syntaktischer Operationen, sondern kalkulierende Operativität als eigenständiger medienepistemischer Prozeß. Neben medienarchaische Grundlagen treten hier kulturtechnische Grundlegungen. Das Abzählen der "analogen" physikalischen Welt antizipiert in letzter techno-logischer Konsequenz

⁵ Dazu der Beitrag "Wann machte der Daumen Vormenschen zu Menschen?" von Jan Osterkamp, <https://www.spektrum.de/news/humanevolution-wann-machte-der-daumen-vormenschen-zu-menschen/1826581>, Zugriff 19. Dezember 2022

⁶ Wikipedia, Eintrag "Hand", https://de.wikipedia.org/wiki/Hand#Kommunikation,_Z%C3%A4hlen,_Rechnen,_Tippen, Zugriff 19. Dezember 2022

bereits den in den 1940er Jahren disruptiven Umschlag zur digitalen Signalverarbeitung in Nachrichtentechnik und Kybernetik. Im Unterschied zur Darwinschen Evolution organisiert sich hier der *Technológos* selbst, und anders als in der Welt thermodynamischer Physik (Entropie) artikuliert sich damit über den anthropischen Umweg kultureller Analyse ein Selbstexperiment von Welt als diskretes Spiel.

Wenn Mediengeschichte nicht mit dem Entwicklungssprung von Bildern zu Schrift beginnt, sondern mit Zählen und Zahlen, kommt es zu einem kulturtechnischen Kurzschluß frühester und aktuellster Zeiten. Dieser Kurzschluß ist nicht als mediengeschichtliche Fortentwicklung schreibbar, sondern läßt sich vielmehr als eine Art Möbius-Band fassen: von der Zahl über das Alphabet, über Bilder und Töne, wieder zum Bit. Dieser topo- (oder vielmehr: chronologische) Wiederanschluss ist eine zentrale Zeitfigur medienarchäologischer Analyse. Denn Medienarchäologie – im Unterschied zur Kulturgeschichte – sucht nicht nach frühesten Ausgangspunkten und universalen Kulturtechniken, sondern bestimmt die für genuine Medienprozesse entscheidenden Eskalationen. Sie verortet die "Digitalisierung" daher nicht schon im altgriechischen Vokalalphabet als schriftlicher Diskretisierung sprachlicher Artikulation (wie von McLuhan nahegelegt), sondern eher in Raimundus Lullus' kombinatorischer *memoria artificialis*, welche zwar aufgrund jenes diskreten, stochastischen "Alphabets" als Abkürzungen von Begriffen erst denkbar war, aber als Algorithmisierung – und damit (frei nach Turing 1937) Mechanisierung – die Epoche bis hin zum binär operierenden Computer eröffnet.

So werden Schneisen in das Dickicht kultureller Überlieferung geschlagen, anhand derer medienarchäologische Fragen aufscheinen. Der Modus, in dem das geschieht, ist der kalte, passionslose Blick auf die medialen Artefakte – eine Blickweise, welche Dinge ent-deckt, die von der kulturhistorischen Erzählung ansonsten verborgen bleiben.

Die durch das Vokalalphabet eröffnete Möglichkeit, Schrift „grammophon“ einzusetzen, gehört ins Ressort der Kulturgeschichtsforschung. Der analytisch-operative Gebrauch von Buchstaben hingegen hat alle semantischen Spuren verwischt, um daraus neue, aufregendere Ereignisse zu zeitigen. An dieser Stelle übernehmen Maschinen die Kontrolle, denn niemand kann besser als sie symbolische Operationen ohne jegliche semantische Referenzialität vollziehen – die Bedingung für effektive Datenverarbeitung, indem sie alle Bedeutungsfolgen in lupenrein syntaktische Schritte auflösen.

Frei nach Walter Seitter besteht das Wort Erzählung zu 80 % aus „Zählung“. Auch für Zahlen gilt: Um mit ihnen schematisch und nicht immer schon semantisch operieren und sie speichern zu können, müssen sie sich abgelöst haben von den Dingen, die gezählt werden. Eine solche Ablösung „vollzieht sich da am beharrlichsten, wo die Zahlen über ein

eigenes Medium ihrer symbolischen Repräsentation und Fortbildung verfügen: in Rechensteinen z. B. oder in Ziffern“⁷. Und das heißt Zählreihen, die nicht mehr die abzuzählenden Dinge ikonisch (im Sinne von Peirce) aneinandereihe und damit abbilden, sondern eine Menge benennen. Also keine Anzahlen von etwas, sondern „die wirkliche Ablösung der Zahl vom gezählten Ding“. Dies ist dann erreicht, „wenn an die Stelle gegenständlicher, analogischer Hilfsmengen symbolische, `digitale´ Zeichen treten, wie in der [...] Ablösung der Rechenbrettechnik durch das Ziffernrechnen“⁸ - also die Loslösung von der Hardware und das *re-entry* von symbolischen Operation *in* und *als* Hardware mit dem Computer. Wieder identifizieren wir das Möbius-Band der Medienarchäologie; es gibt kein Entkommen.

Nur ansatzweise haben sich in der Antike die Symbole des Alphabets von ihrer phonetischen Funktion getrennt und kamen als „ein System zur Klassifikation, Speicherung und zum Abrufen von Information“ zum Einsatz⁹; Medienarchäologie setzt hier vielmehr mit Charles Babbages Erkenntnis von 1833 an, daß Rechenmaschinen nicht nur arithmetische Operationen durchführen können, sondern sich frei programmieren lassen, so daß „ihm die Mechanisierung numerischer Operationen auch ein Mittel für den Umgang mit nicht-numerischen Symbolen an die Hand gab“ (ebd.) - der entscheidende Schritt von der speziellen zur universalen Maschine.

Wenn Philologen und nicht Medienarchäologen auf die ersten Schrift-Artefakte schauen, resultiert daraus nicht technologische Erkenntnis. Denn „philologische Versuche, eine Schrift zu entziffern, zielen in der einen oder anderen Form darauf ab, zwischen der geschriebenen Folge von Symbolen und den Strukturen der repräsentierten Sprache eine Verbindung herzustellen“¹⁰; demgegenüber ist der medienarchäologische Blick in jedem Sinne „diskret“, denn er unterstellt einer Anordnung von Zeichen nicht gleich eine Sprache. Daher kultiviert Medienarchäologie einen Blick, der nicht sogleich interpretierend, sondern zunächst einmal distanziert auf die Materialität und Verfaßtheit seiner Objekte schaut - womit auch klar gesagt ist, daß der medienarchäologische Blick (als Subjekt wie als Objekt) Materialitäten, Signale und Daten, aber nicht Texte, Töne und Bilder. Der Begründer von Medienwissenschaft als universitärer Forschung vertrat die explizit "archäologische Arbeitshypothese, daß Dinge isoliert betrachtet werden müssen"¹¹.

7 Krämer 1988: 5

8 Krämer 1988: 8

9 Postman 1992: 119

10 Peter Damerov, Buchhalter erfanden die Schrift, in: Rechtshistorisches Journal 12, hg. v. Dieter Simon, Frankfurt / M. (Löwenklau) 1993, 9-35 (17)

11 McLuhan, Magische Kanäle, 196

Mit der Schrift beginnt Kultur als Archiv und als symbolische Übertragung (die beiden medienarchäologischen Achsen des Abendlandes). J. G. Février definiert Schrift als ein Kommunikationssystem mit willkürlich vereinbarten Zeichen zwischen Menschen, als Sendung und Empfang.¹² Doch „[e]rst Morses Telegraphenalphabet beruhte auf einem Code, dessen Anwendung auf Senden und Empfangen beschränkt bleiben konnte. Die Definition übergeht [...] eine der Übertragung bis dahin notwendig vorgängige Funktion: die der Speicherung. [...] zur Datenspeicherung wird sie vorab durch eine der Sprache fremde Materialität bestimmt“¹³.

Das für die Kommunikation im Internet wiedergeborene „commercial @“ ist solch ein medienarchäologisches Relikt auf der Tastatur – ein ehemals mathematisches Zeichen für Kalkulationen¹⁴, möglicherweise entstanden als Ligatur des lateinischen „ad“ für Zuweisung von Warenmengen zu Preisen, das lange Zeit nicht mehr brauchbar war und bei der Geburt des Internet zur Neuverwendung bereitlag. 1972 entwickelt Ray Tomlinson das erste E-Mail-Programm und entdeckt für sich das @-Zeichen zur adressierbaren Verbindung von Benutzer und (“@”) Server.

Archäologisch läßt sich nachweisen, daß Schrift nicht aus Bilder, sondern aus Zählverfahren entstanden ist: die altmesopotamischen *tokens*. Eine Archäologie von Schrift- und Zahlssystemen ist primärer Gegenstand von Geschichte; für die Analyse operativer Medien zählt die Zahl: das, was alles verrechnet, Texte wie Bilder wie Töne wie Zeit.

Münzen verkörpern Teileigenschaften technischer Medien, insofern sie Schrift wie Bild wie Zahl auf symbolischer Ebene vereinigen, daneben ein Stück Hardware darstellen und ein Übertragungsmedium sind, das zugleich Werte standardisiert. Von da aus gelingt ein Tigersprung zum Buchdruck, denn auch hier werden durch Prägung einer negativen Vorlage konkrete Elemente identisch reproduzierbar. Was einmal Kulturtechnik war (die Weinpresse), gerät hier zum technologischen Dispositiv einer buchstäblichen wie mathematischen Kombinatorik. Mediengeschichte als Medienarchäologie setzt hier einen harten Schnitt: Sie verliert sich nicht in den kulturtechnischen Vorgeschichten technischer Medien, sondern setzt dort an, wo sie technologisch operativ werden. Gerade die abendländische Antike, die – unter Verkehrung klassischer Kulturgeschichte – zur technischen Welt unmittelbarer steht als das sogenannte Mittelalter, bleibt damit vorerst ausgeklammert.

12 J. G. Février, *Histoire de l'écriture*, Paris 1948

13 Holl 1995: 100

14 Zur Verwendung der Schreibmaschine für *billing* und Rechenoperationen siehe Scholz 1923: 106f

Nicht von ungefähr heißt das Buch der Archäologin Denise Schmandt-Besserat über früheste Zahlzeichen *Before Writing*.¹⁵ Damit kündigt sich eine medienarchäologische Urszene an: Es gibt sie tatsächlich, archäologische Funde, „die uns Zeugnis ablegen von der Umwandlung eines gegenständlichen in ein rein symbolisches Zählzeichensystem“¹⁶. Hier liegt das Interesse der Kulturtechnikforschung. Medienarchäologie aber beginnt dort, wo diese symbolischen Zeichensysteme ihrerseits wieder vergegenständlicht werden, zum Zweck ihres nicht-menschlichen Vollzugs.

Einer Deutung des Assyrologen Leo Oppenheim zufolge haben die in versiegelten Hohlkugeln eingeschlossen altmesopotamischen Rechensteine eine Möglichkeit geschaffen, Information in einer nichtsprachlichen Form übertragbar und dokumentierbar zu machen¹⁷, eine archaische Form der Buchführung. Tatsächlich ist es der entscheidende Akt von Symbolisierung der Materie, die *Formen* solcher Tokens in Ton einzuritzen, als sie selbst zu transportieren – der ganze Unterschied zwischen Transport (Vehikel) und Kommunikation (Übertragungsmedium). Einerseits hängen (wie auch die explizite Findung einzelner Symbole für diskrete Vokale in der altgriechischen Schrift) solche Momente an Subjekten, nicht an Strukturen; andererseits bleiben diese Subjekte anonymen, als seien von der Sachlogik schlicht berufen worden, eine implizite Kulturtechnik explizit zu machen. Ein solches „Kettenglied in jenem Übergang von dreidimensionalen Rechensteinen zu zweidimensionalen schriftlichen Zeichen“¹⁸ ist noch keine veritable Technologie; erst mit ihrer Wiederverkörperung als operative Zahlen setzen Rechenmaschinen als medienwissenschaftliche Eskalation ein.

Demnach ist Vilém Flussers eingängige These archäologisch im Sinne der gleichnamigen Disziplin korrekturbedürftig: Die Vorläufer (nicht Vor“bilder“) der Schrift liegen nicht in Abbildungen von magisch-religiösen Ideen, Vorstellungen und Mimesis, „sondern in einer Technik zur Datenverarbeitung dessen, was in präliteralen Kulturen sprachlich nicht zu bewältigen war: Zählen.“¹⁹ Die wenige Zentimeter großen Objekte aus gebranntem Lehm (*tokens*) in geometrischen Formen sind Zahlmarken – keine Bilder, sondern die materiellen Operatoren eines sprachunabhängigen Kalküls: arbiträre Symbole, diskrete Elemente eines Codes: Am Ursprung der Schrift steht *computing*; keine Ursprungserzählung, sondern Zählen und Datenspeicherung.

15 Denise Schmandt-Besserat, *Before Writing*, Austin (University of Texas Press) 1992

16 Krämer 1988: 8

17 Krämer 1988: 8

18 Krämer 1988: 9

19 Susanne Holl. Das Pfand der Zahl. Zur Archäologie der Keilschrift, in: *Sprache und Literatur* Heft 75/76 (1995), 100-109 (101)

Digitalisierung steht auf Seiten des nicht-diskursiven Denkens als *computing*, wird aber durch Begriffe wie Digitalität eher verunklärt: "Digitalität: bezeichnet den Zustand, umfassend in digitalen Lebensumwelten und mit digitalen Anwendungen und Geräten zu leben. Dieser Zustand scheint sich durch die fortschreitende Digitalisierung weiter zu verfestigen, indem zunehmend mehr Lebens- und Handlungsbereiche in informationstechnische, rechnerbasierte Systeme überführt werden."²⁰

Damit zur Gretchenfrage im Abbildverhältnis von Archiv und Welt: Resultiert die Diskretisierung in Archiven des Lebens selbst? Klassische Schriftarchive zeigen eine als Alphabet immer schon atomisierte, diskontinuierliche Welt. An der tatsächlichen Materie aber scheitert das Digitale: Es vermag keinen Stoff zu übertragen; nur residual zählt hier die Energie. War es noch die Funktion des klassischen Stromnetzes, Energie zu vermitteln und zu distribuieren, zählt am und als *bit* im Internet allein die nachrichtentechnisch definierte Information (strikt mit Claude Shannon und Norbert Wiener).

Entscheidender ist der Sprung vom konkreten zum abstrakten Zählen, vom Abzählen zu Mengen. Nachdem einmal kulturtechnisch die Möglichkeit eintrainiert worden war, daß mit kodierten Zeichen gezählt werden konnte, wurde diese Abstraktion auch auf andere Kommunikationsformen übertragen, etwa das Vokalalphabet.

Wenn Mathematik und Schrift gleichursprünglich von Zählzeichen stammen, ist die alphanumerische Basis des Computers vorgegeben. Läßt sich eine kontinuierliche Kette von Zählsteinen bis hin zum Computer belegen, oder soll besser – erneut medienarchäologisch – mit Brüchen, Diskontinuitäten gerechnet werden, um sich von der Frage nach dem „Ursprung“ von Schrift zugunsten mehrerer koexistenter Modelle zu verabschieden? An die Stelle einer historiographischen Form rückt damit eine immer wieder in bedingten Sprüngen rückgreifende Chronographie. Medienarchäologie entzieht dem medienhistoriographischen Körper Stück für Stück das narrative Fleisch, um sein mechanisches Skelett offenzulegen.

Die symbolische Maschine ist auch kybernetisch operativ. Statt gewaltsamer Kontrolle gilt im modernen Management die Kunst der Regierung durch Symbolmanipulation, wie sie 1817 an der Militärakademie der Vereinigten Staaten von Sylvanus Thayer proklamiert wurde: „mittelbar, durch schriftliche Berichte, Tabellen, Memoranden, Personalakten usw.“ – das, was Hoskin und Macve als

20 Petra Grimm / Tobias O. Keber / Oliver Zöllner (Hg.), *Digitale Ethik. Leben in vernetzten Welten*, Ditzingen (Philipp Reclam jun.) 2019, 240

grammatozentrisches Prinzip bezeichnen.²¹ Diese „unsichtbaren Technologie“ (Postman) war der Anfang aller „Digitalisierung“ selbst.

"Digitalisierung": zählen statt erzählen

Medienarchäologie zerfällt in drei klärungsbedürftige Begriffe: Medien, *arché*, und *lógos*. Unter „Medien“ seien technische Medien verstanden, und unter der *arché* nicht allein die zeitlichen Ursprünge, sondern auch fortwährende Prinzipien. Der altgriechische Begriff *lógos* schließlich meinte nicht immer schon Worte, Rede, Lehre und Vernunft (lateinisch *ratio*). Er meint zunächst praxisnah „Verhältnis, Proportion, Erzählung“²², und zwar nicht als Narration, sondern als diskrete Ver-Sammmlung, als „Lese(n)“: ein Zueinanderbringen und Anordnen. Von daher ist auch der altgriechische Begriff für die logische Schlußfolgerung – der *sylogismos* – eine mechanische Operation, die von sich weiß, daß sie eine genuin algorithmische ist, mithin *computation*.

Im Verbund mit dem (nur typographisch) sich erschließenden Wortspiel Er/zählung steht die Formalisierung, die einerseits der Mathematik (der Formel), andererseits aber der Umsetzbarkeit in Maschinen, die Information, verbunden ist. „Ein Vorgang, welcher diesen Bedingungen genügt, kann auch als Operation einer symbolischen Maschine ausgeführt werden“²³ – wobei diese Maschine nichts anderes macht, als Symbolreihen zu transformieren. Hier gilt es zu präzisieren: zeichen-, symbol- oder signalverarbeitende Maschinen? In seinem Text *Quid sit idea* schreibt Leibniz, dass das Modell einer Maschine, die mit Hilfe von Charakteren operiert, die Maschine selbst ausdrückt – wie Babbages maschinelle Notation den Nachvollzug der Maschine schon lesend erlaubt, anders als Rousseaus Begriff des *dessin*. Die von Leibniz gemeinten mathematischen Charaktere sind nicht arbiträr oder rein symbolisch, sondern „*characteres exprimunt numeros*“. Eine algebraische Gleichung vermag einen Kreis nur deshalb auszudrücken, weil diese *expressiones* „etwas gemein haben mit der Beschaffenheit des ausgedrückten Dinges“²⁴. Was bei Leibniz noch *analogia* heißt, benennt Charles S. Peirce später mit Index im Unterschied zum bloßen Icon; das Indexikalische liegt im Moment der maschinellen Operativität selbst. Die

21 Neil Postman, *Das Technopol. Die Macht der Technologien und die Entmündigung der Gesellschaft*, Frankfurt / M. (Fischer) 1992, 152, unter Bezug auf: Keith W. Hoskin / Richard H. Macve, *The Genesis of Accountability. The West Point Connections*, in: *Accounting Organizations and Society*, Bd. 13, Nr. 1 (1988), 37-73

22 So ausdrücklich typographisiert in: Manfred Sommer, *Sammeln. Ein philosophischer Versuch*, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1999, 374

23 Sybille Krämer, *Symbolische Maschinen. Die Idee der Formalisierung in geschichtlichem Abriß*, Darmstadt 1988, 2

24 Zitiert nach Siegert 2003: 181

Gewalt der maschinellen Notation entfaltet sich erst im Moment, wo ihr zeitlicher Index zum Zug kommt. Hier liegt auch der medienarchäologische Einspruch im Namen der Materialität von Kultur begründet, insofern im Bunde mit der klassischen Archäologie: Die Implementierung symbolischer Maschinen in reale Physik macht eine entscheidende epistemologische Differenz. Alle überlieferten Zeichen – die piktographischen Schriften ebenso wie die mathematischen Zahlen – mußten immer schon in ein Trägermedium geprägt werden. Ist die jeweilige Bindung an die Materialität für den Akt der Kodierung und Dekodierung unwesentlich wie die von Norbert Wiener definierte „time of non-reality“ zwischen binären elektronischen Zuständen²⁵, oder ist sie eine (mit-)entscheidende, die (wie die atomare Spitze eines Rastertunnelmikroskops an der atomaren Oberflächen ihres Untersuchungsobjekts²⁶) in Interferenzen resultiert?

Die materielle Grundierung der Zeichen läßt sich medienarchäologisch nicht negieren. Ist sie „bloß technisch“, oder kommt hier ein eigenartiger *Technológos* zum Zug? Einer symbolischen Maschine fehlt es an Wirklichkeit, solange sie nur symbolisch bleibt. "Sie ist kein Apparat bestimmter physikalischer, z. B. Mechanischer oder elektronischer Wirkungsweise, der eine bestimmte Stelle in Raum und Zeit einnimmt, sondern diese Maschine existiert nur auf dem Papier."²⁷ Doch hat Papier etwa keine Materialität, stellt es nicht schon eine zweidimensionale Fläche, und damit ein Format, ein Operationstheater dar? Mit Blick auf Alan Turings Begriff der „Papiermaschine“ stellt sich die Frage, ob die sogenannte Turing-Maschine nun das Modell des Computers oder er selbst ist. Ist die reale Mechanisierung die schlichte Extension (nach Descartes) der symbolischen Maschine? In seinem *Discours sur la Méthode* (Teil 5) bezeichnet er einen animalischen Körper als eine Maschine, der – weil von Gott erschaffen – unvergleichlich besser geordnet und konstruiert ist als alle Bewegungsorgane, die von Menschen erfunden wurden – was dann Heinrich von Kleist in seiner Parabel über das *Marionettentheater* noch einmal unterstreicht. Eine Maschine mit den organischen Funktionen eines Affen wäre von einem tierischen Affen nicht unterscheidbar; „so hätten wir gar keine Mittel, das uns nur den geringsten Unterschied erkennen ließe zwischen dem Mechanismus dieser Maschinen und dem Lebensprinzip dieser Tiere“ – eine Art früher Turing- oder ELISA-Test. Immerhin rührt diese Frage an das Grundlagenverständnis menschlicher Intelligenz; die Geschichte des

25 Siehe Claus Pias, Time of Non-Reality. Miscellen zum Thema Zeit und Auflösung, in: Axel Volmar (Hg.), Zeitkritische Medien, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009, 267-279

26 Dazu Joachim Krug, "Ein Auge welches sieht, das andere welches fühlt": Bilder aus der physikalischen Nanowelt, in: Konstruktion Sichtbarkeiten, hg. v. Jörg Huber / Martin Heller, Museum für Gestaltung, Wien / New York (Springer) 1999, 229-244 (236)

27 Krämer 1988: 2

mechanischen Symbolgebrauchs ist eine solche, „in der wir gelernt haben, uns beim Operieren mit Zeichen so zu verhalten, als ob wir eine Maschine seien“²⁸. Doch nicht für alle vernunftgeleiteten Lebensäußerungen kann eine äquivalente Maschine gebaut werden; kein Automat kann Worte und Signale im Dialog mit einem anwesenden Kommunikationspartner so umfassend benutzen wie es „even quite dull people can do“.²⁹ Ist demgegenüber die *res cogitans* körperlos wie die Turing-Maschine? Die ganze Differenz liegt auch hier darin, daß eine Turing-Maschine erst operativ wird, wenn sie in der Welt (der Hardware) ist – und damit der Physik, d. h. Der thermodynamischen Endlichkeit unterliegt. In dieser Welt gibt es kein unendliches Band, wie es Turings Maschine als Inskriptionsmedium symbolischer Zwischenzustände theoretisch fordert.

Der medienarchäologische Blick fokussiert ganz dezidiert Formalisierungen als Bedingung, nicht-standardisierte, variable Kulturtechniken von genuin medialen Operationen zu trennen. Und es liegt im Wesen dieser Operation (vielmehr denn „Idee“), dass „wir mit formalen Beschreibungen keine Geschichten erzählen können“³⁰ - sie aber umgekehrt, durch Beobachtung zweiter Ordnung, zum Objekt einer Historie machen können, zur „Idee der Formalisierung in geschichtlichem Abriß“. Solchen Ideengeschichten hat Michel Foucault bekanntlich seine *Archäologie des Wissens* entgegengeschleudert.

Drowning by numbers ist nicht nur der Titel und die dramaturgische Technik eines frühen experimentellen Films von Peter Greenaway, sondern auch medienarchäologisches Programm: Zählen statt Erzählen. Medienarchäologie entdeckt eine Schicht in der kulturellen Sedimentation, die weder rein human noch rein technologisch, sondern buchstäblich dazwischen liegt (lat. *Medium*, gr. *Metaxy*). Sie verfängt sich dabei nicht in einer vordergründigen archäologischen Ausgrabungsmetapher, sondern beschreibt diese Schicht als mathematisches Objekt, als Matrizenrechnung, die ihren Befunden Zahlenwerte zuschreibt (und andeutungsweise auch der Ausgrabungsarchäologie als Erfassungsmethode der sogenannten Harris-Matrix vertraut ist).

Der Computer ist nicht schlicht ein weiteres Hilfswerkzeug menschlichen Wissens, sondern als algorithmische Maschine selbst eine Verkörperung aktionsfähigen Wissen. Friedrich Kittler weist in seinen Betrachtungen zum „Take-Off der Operatoren“ (1990) darauf hin, daß in der

28 Krämer 1988: 4

29 Dazu Leonardo Torres y Quevedo, Essay on Automatics. Its Definition - Theoretical Extent of Its Applications [1914], in: The Origins of Digital Computers, hg. v. Brian Randell, Berlin / Heidelberg / New York (Springer) 1975, 87- (90)

30 Krämer 1988: 1

Computerprogrammierung der bisherige Gegensatz von Denken und Aktion aufgehoben ist. Damit entfällt im Konzept von Medientheater die traditionelle Trennung von Drehbuch oder Skript einerseits, und tatsächlichem Schauspiel andererseits.

"Bevor der Computer als wirkliche Maschine erfunden wurde, entwickelten wir den ‚Computer in uns‘ [...] eine Geschichte, in der wir gelernt haben, uns beim Operieren mit Zeichen so zu verhalten, als ob wir eine Maschine seien [...]. Formal beschreibbare Welten verfügen über keine Geschichte [...]. Doch das Können, welches wir erwerben mußten, um formal beschreibbare symbolische Welten bzw. die sie erzeugenden Maschinen zu konstruieren, verfügt über eine spannungsvolle Historie.³¹

Maschinelle Zustände sind nicht er-, sondern schlicht zählbar. Es geht also um symbolische Operationen, die Menschen ihrerseits im Moment der Rechnung in eine Rechenmaschine verwandeln und umgekehrt ebenso gut (und besser, weil effizienter) bis hin zur Computer-Hardware von Maschinen geleistet werden kann, sobald sich die Zahlen von der Materialität der Zahl-Dinge gelöst haben, um als abstrakte Wesen erneut der Materie implementiert werden zu können – von den Kieselsteinen (*calculi*) zum Kalkül (Leibniz), oder von Zählsteinen des Vorderen Orient zu ihrem Verschluß in Tonkugeln, auf denen die Werte dann als symbolische Notation wieder auftauchen, ein reales Archiv von Zahlen, ein Medienarchiv.)

Erwin Panofsky hat als Verfahren der ikonologischen Bildanalyse vorgeschlagen, die archäologische, schier materielle Ebene eines Bildes (die Leinwand, die Farben) von der Kenntnis des in den Bildformen geborgenen Kontextwissens zu trennen. In diesem Sinne verfährt auch Medienarchäologie – wenngleich mit verkehrten Vorzeichen. Gerade weil der medienarchäologische Blick Kultur unterhalb der semantischen Schwelle als Techniken in den Blick nimmt, entdeckt er einen Kern von Kulturtechnik: „daß wir bei Operationen innerhalb der formalen Sprache keinen Bezug zu nehmen brauchen auf das, was ihre Zeichen bedeuten“³²; es geht also vielmehr um Signalprozesse denn um Semiotik, um technische Operativität denn um kulturelle Performanz. Kultur läßt sich nicht reduzieren auf jene "Prozesse [...], mit denen die Menschen Sinn erzeugen"³³. Semantik beschäftigt sich mit der Beziehung zwischen Sprache und Realität – von deren Vordergründigkeit sich aber genuin technische Operationen gerade lösen müssen, um ganz andere Kurzschlüsse zwischen Programmen, symbolischen Operationen und Physis herstellen zu können. Jedem ikonischen Referentialismus von Medientheorie hat die von David Hilbert ausgelöste Grundlagenkrise der

31 Sybille Krämer, *Symbolische Maschinen. Die Idee der Formalisierung in geschichtlichem Abriß*, Darmstadt (Wiss. Buchges.) 1988, 4

32 Krämer 1988: 2

33 Postman 1992: 207

Mathematik um 1900 das Fundament entzogen; seitdem schreibt sich jede Metaphorik von Medienarchäologie nur noch *ex negativo*. Technomathematik ist radikal unanschaulich; jede kognitive Metaphorik ist demgegenüber schon eine Verharmlosung der Herausforderung von Seiten des *Technológos* der wirklichen Künstlichen Intelligenz.

Die konkrete Verkörperung des Symbolischen im Realen: das "Bit"

Die Frage nach der Verkörperung des Symbolischen im Realen konkretisiert sich im buchstäblichen "Bit". Als Maßeinheit in Shannons mathematischer Informationstheorie ist sie symbolisch definiert, aber immer nur als konkretes elektrotechnisches Signal existent. Allein die hinreichende Disriminierbarkeit erlaubt es, konkrete Energie und Materie als abstrakte "Information" zu behandeln.]

Das Prinzip des "bit" als kleinste Einheit der Informationstheorie ist die idealisierte Zahl der platonischen Mathematik. Die Wirklichkeit des Digitalcomputers aber ist schlicht die hinreichende Differenzierbarkeit zweier Zustände, verkörpert in zwei Spannungswerten, die als physikalische Signale, nicht aber als abstrakte Symbole existieren. Was zwischen zwei (also binären) Schaltzuständen unter den Tisch fällt und sich zwar elektrotechnisch ereignet, aber im Computer buchstäblich nicht "zählt", ist im Sinne von Norbert Wieners Definition die "time of non-reality". Diese ist geradewegs der mikrozeitliche und zeitkritische Kehrwert der "historischen" Zeit.

Begriffsverengungen: "Digitalisierung" als Metonymie des Algorithmus

„Digitalisierung“ ist recht eigentlich eine kodierungstechnische Vorbedingung dafür, was den Computer im Wesentlichen auszeichnet: die Gleichsetzung von Maschine und Algorithmus (Turing 1937). Nicht von ungefähr heißt die neue Tenure-Track Juniorprofessur am hiesigen Institut nicht schlicht „Digitale Medien“, sondern wird durch den „slash“ (der seinerseits archäographisch auf die Schreibweisen von Programmiersprachen verweist) hinsichtlich *computation* präzisiert.

Es gibt – in Anspielung auf einen Buchtitel Ernst Kantorowicz's – *die zwei Körper der Digitalisierung* – einmal im Sinne der Informatik, zum Anderen im Sinne von Computertechnik. Doch tendiert der Begriff der „Digitalisierung“ dazu, logozentristisch ihre technische Konkretisation vergessen zu machen und damit den Doppelsinn des Begriffs der Technologie zu entkoppeln. Zum einen ist die mit Claude Shannons *Mathematical Theory of Communication* 1948 einhergehende „Reduktion von Kommunikation auf messbare und statistisch kalkulierbare Werte“ -

ganz im Sinne von Martin Heideggers Begriff des *Ge-stells*³⁴ - „die technische Grund dessen [...], was wir heute landläufig als Digitalisierung bezeichnen.“³⁵ In dieser Aussage aber werden die mathematische und die technische *arché* indes signifikant verwechselt. Der algorithmische Mechanismus ist das Eine; seine konkrete Realisierung als *computing* (die immer auch eine zeitkritische Realisierung, mithin eine TempoRealisierung ist) ein Anderes. Gerade die „Naturierung“ der Informationseinheit *bit* in materieller und energetischer Technik bringt *computation* wieder nahe an jenen ursprünglichen Begriff von *téchne*, an die Heidegger als eine Art des Entbergens erinnert.³⁶

Verschiebt sich mit der massiven (Pseudo-)Parallelverarbeitung von „big data“ in Graphikarten respektive GPUs die medienepistemische Frage endgültig hin zur verschachtelten Software, der gegenüber sich die radikal medienarchäologische Analyse einer weitgehend standardisierten Hardware als minder relevant erweist - so dass der Medienmaterialismus der „Berliner Schule“³⁷ einer Re-Hegelianisierung unterliegt? Ist dann die Analyse des *physical computing* demgegenüber ein Erkenntnisgegenstand eigenen Rechts, der gerade in seiner Loslösung gegenüber Fragen der AI / KI an Brisanz gewinnt?

Im medienkulturellen Diskurs meint das Schlagwort „Digitalisierung“ nicht recht eigentlich das technische Ereignis der Diskretisierung des Signals, sondern die Algorithmisierung respektive „Algorhythmisierung“ (Miyazaki) der solcherart kodierten Daten. So sind etwa unter dem Begriff der "digitalen Bilder" zwei verschiedene Medienpraktiken zu diskreminieren: einerseits „abgetastete, d. h. *digitalisierte* und andererseits algorithmisch *generierte*“³⁸, mithin genuin computergraphische Bilder. Ist die "digitale" Erfassung eines "analogen" (Vor-)Bilds (im Unterschied zu Vektorgraphiken etwa) schon ein Akt maschineller Interpretation? Dem zumeist undifferenzierten Wortgebrauch gegenüber ziemt einer akademischen Analyse die medienarchäologische Rückholung des Begriffs der "Digitalisierung" - nicht allein aus technischer Pedanterie, sondern ebenso um der Präzisierung der Erkenntnis willen. Während mit der sogenannten

34 Martin Heidegger, Das Ge-stell, in: ders., Bremer und Freiburger Vorträge, Frankfurt / M. (Vittorio Klostermann) 1994, 24-45

35 Christoph Rosol, 1948, in: Katrin Klingan / ders. (Hg.), Technosphäre, Berlin (Matthes & Seitz) 2019, 214-234 (216)

36 Martin Heidegger, Die Frage nach der Technik [Vortrag München 1953], in: ders., Reden und Aufsätze, Pfullingen (Neske) 1954, 13-44

37 Siehe Friedrich Kittler, Es gibt keine Software, in: ders., Draculas Vermächtnis. Technische Schriften, Leipzig (Reclam) 1993, 225-242

38 Jens Schröter, Das Ende der Welt. Analoge vs. digitale Bilder - mehr oder weniger "Realität"?, in: ders., Alexander Böhnke (Hg.): Analog / Digital - Opposition oder Kontinuum? Zur Theorie und Geschichte einer Unterscheidung, Bielefeld 2004, 335-354

"statistischen Methode" im Zwischenklischeeverfahren nach 1900 bereits die Option der Bildpunktübertragung durch numerische Kodierung verbunden war, geht die eigentlich „digitale“ Bildübertragung über den Akt der primären Digitalisierung der optischen Signale hinaus. Denn erst die Zwischenarchivierung der Bildmenge und ihrer Tonwertstufen im Computer-RAM erlaubt, „dass die gespeicherten Werte mathematischen Operationen unterworfen werden können“³⁹. Erst mit *image processing* wird das „technische Bild“ (Vilém Flusser) zu einem genuin technologischen Gebilde. Der „Berliner Schule“ von Medienwissenschaft mag man deren Insistenz auf dem technischen respektive technomathematischen Apriori vorwerfen und auf Erweiterungen drängen⁴⁰, doch auch aus alternativen Perspektiven soll das technische Kind nicht mit dem diskursiven Bade ausgeschüttet werden. Das unabdingbare Apriori für „digitale“ Bildverarbeitung ist es, dass analoge optische Signale „erst in eine entsprechende Form gebracht“⁴¹, mithin: in-formiert werden. „Dieses Bindeglied zwischen Analogwelt und Digitalwelt wird Analog/Digital-Wandler [...] genannt“ (ebd.). Die spezifische Legitimation einer wohldefinierten Medienwissenschaft gegenüber kultur- und sozialwissenschaftlichen Analysen der sogenannten Mediengesellschaft gründet in der technologischen Analyse dieser weltbildentscheidenden technischen Operation – oder aber sie löst sich tatsächlich im "Postmedialen" auf.

DIGITALISIERUNG KONKRET. Techniknahe "Erdung" eines aktuellen Umbruchs in der Medienkultur

Kein Oxymoron: "Kontinuierliche Digitaltechnik", und der Begriff von "Technologie"

Der Entwurf einer *Kontinuierliche[n] Digitaltechnik*.⁴² ist nur scheinbar ein Oxymoron. Tatsächlich macht das Stetige als Signatur des "Analogen" nur Sinn in der Klassischen Physik. Quantenmechanisch betrachtet verhält sich die Welt - mit dem Planckschen Energiequantum - ihrerseits sprunghaft. Zugleich Welle und Teilchen (de Broglie), greift die metaphysische Dichtomie nicht mehr. Wo Elektronen eher Felder darstellen, wie Erwin Schrödingers Wellengleichung sie mathematisch identifiziert, bilden sie gar keine Elementar"teilchen" mehr, und lassen

39 Schröter 2004: 339

40 Siehe die Debatte Claus Pias, Medienwissenschaft ohne Medien?, versus Kathrin Peters, Postmedial, in: Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung, Heft 11 (2020), 59-68 (Pias) sowie 69-72 (Peters)

41 Rainer Eckl / Leonhard Pütgens / Jürgen Walter, A/D- und D/A-Wandler. Grundlagen, Prinzipialschaltungen und Applikationen, München 1990, 11

42 Horst Völz, Kontinuierliche Digitaltechnik. Eine neue hochleistungsfähige Methode zur Digitalisierung von Signalen, Aachen (Shaker) 2008

sich keinen diskreten Zahlenwerten zuordnen, sondern Potentialen⁴³ - ein Technalógos.

An dieser Stelle haben die Dinge das Wort, das Vorrecht der medientechnischen Praxis gegenüber aller Medientheorie. Das Oxymoron der "kontinuierliche Digitaltechnik" wird operativ, sprich: als *Medium-im-Vollzug* "aufgehoben" in seiner dynamischen Verdinglichung, etwa einem Holzmechanismus, der - gleich der Nähmaschine, oder dem "Malteserkreuz" im Filmprojektor - eine stetige Kurbel- oder Kolbenbewegung in eine diskrete Taktung wandelt, mithin: ein zyklischer A-D-Wandler.

Dieser Mechanismus stellt einen Begriff von "Technologie" infrage, der "geistesgeschichtlich" (wenn nicht im tatsächlichen Vollzug) die materielle Praxis (*téchne*) von ihrem raisonierenden Wissen, der Episteme (*lógos*) trennt, anstatt diese Differenz in einem Atemzug verschwinden zu lassen.

Die Rückverfolgung der Wurzeln des Begriff der Technologie bis zurück zum antiken Griechenland - mithin die *téchne* - ist mitnichten ein rein begriffs- oder ideengeschichtliches Geschäft, sondern ebenso medienarchäologischer Natur - quasi das mathematische (Quadrat-)Wurzelzeichen der *arché*. Mit der Zeit aber ging der altgriechische Sinn eines komplexen wissensgeleiteten Handwerks ("a craft guided by knowledge of that craft"⁴⁴) zugunsten eines eher instrumentalen Begriffs von "Technologie" verloren. Medienphilosophie holt diese Loslösung der Technologie von ihrem epistemischen Horizont wieder ein. Und damit zum konkreten Mechanismus dieses Holzspielzeugs: *téchne* geht tatsächlich zurück auf die Indo-Europäische Sprachwurzel für "Holz"; ein *tekton* ist ein Zimmermann.⁴⁵ Genau darauf spielt Ian Bogosts Begriff der "carpentry", also des spielerischen Verweilens mit medientechnischem Zeug, an.⁴⁶

So war in der Antike *téchne* "loosely defined as both the process of creating an 'art' or 'craft' and the knowledge (episteme) behind the

43 Siehe David Tong, Machen Quanten Sprünge?, in: Spektrum.de, <https://www.spektrum.de/news/machen-quanten-spruenge/1254827>, Zugriff 9. Dezember 2022

44 Ronald Jerome Tulley, Is There Techne in My Logos? On the Origins and Evolution of the Ideographic Term - Technology, in: The International Journal of Technology, Knowledge & Society, Vol. 4, Bo. 1 (2008), 93-104 (Abstract)

45 Siehe David Roochnik, Of Art and Wisdom. Plato's Understanding of Techne, University Park, Pennsylvania (The Pennsylvania State University Press), 1996, 18

46 Ian Bogost, Alien Phenomenology, or What It's Like to Be a Thing, Minneapolis / London (Univ. of Minnesota Press) 2012

creation of the final 'product'"⁴⁷ - worüber eine veritable Medienepistemologie indes noch hinausgeht, indem sie auch dingferne Gedanken zum Wesen von Technik mit einbezieht. Die Reduktion des Suffix "-logie" auf ein akademisches Forschungs- und Lehrgebiet verfehlt die Erinnerung daran, dass er "actually comes from the Greek logos or reason" (Tulley ebd.).

Höchst selten sind beide Begriffe in der Antike explizit gekoppelt, wie etwa in Aristoteles' *Nicomachischer Ethik*, Buch VI. Architektur wird hier als Kunstform (*téchne*) benannt, als "essentially a reasoned state of capacity to make, and there is neither any art that is not such a state nor any such state that is not an art, art is identical with a state of capacity to make, involving a true course of reasoning (logos) [...] All art is concerned with coming into being [...] and whose origin is in the maker and not in the thing made"⁴⁸ - das mithin wi(e)dernatürliche, kulturelle Artefakt als *reentry* informierter Physik in die Welt selbst. Dem archäologischen und kulturwissenschaftlichen Begriff des Artefakts als durch den *lógos* in-formierte Materie tritt inzwischen das genuin "digitale", also durch und durch techno-logische "Artefakt" in softwaregesteuerten Medienprozessen beiseite, das aus Abtastfrequenzfehlern resultierende Alias-Signal (in technischer Sprache). Im Lexikon der Medienarchäologie trägt das "Artefakt" seitdem einen Doppelsinn. Ist der Schraubendreher ein Werkzeug der Analyse von Hardware-Artefakten, ist es der Debugger für Programmiersprachen als Quellcode.

Die "Digitalisierung" an der Wurzel packen: der A/D-Umsetzer

Am 9. Dezember 2020 antwortete Bundeskanzlerin Angela Merkel im Rahmen der Haushaltsdebatten im Deutschen Bundestag auf zugespitzt auf Coronavirenleugner und deren "fake news"-Vorwurf mit einem Bekenntnis zum wissenschaftlichen Faktenbegriff der europäischen Aufklärung. Sie habe ihrerzeit in der einstigen DDR das Physikstudium eingeschlagen, weil einzig die Gesetze der Schwerkraft, oder auch der Lichtgeschwindigkeit, keiner politischen oder ideologischen Manipulation unterliegen. Tatsächlich gründet auch Medienwissen(schaft) nicht allein in geistes- und kulturgeschichtlicher Diskursrelativität, sondern ebenso in unverrückbaren Positivitäten von Physik (technische Hardware) und Logik (Diagramme, Algorithmen und Software). Doch kehrt die Möglichkeit (oder Praxis) der Datenmanipulation gerade in dem Moment wieder ein, wo die Welt der Physik digital emuliert und das naturwissenschaftliche Experiment durch Computersimulationen ersetzt werden. Datenkompression und diverse Filter, wengleich in lauterer Absicht einer

47 Tulley 2008: 93; Kursivierung W. E.

48 Aristotle, *The Nicomachean Ethics*. Trans. David Ross. Oxford: Oxford University Press, 1987, 12, zitiert hier nach Tulley 2008: 93

effektiveren Übertragung von Videostreams, stellen eine solche Willkürlichkeit, ihr *morphing*, dar.

Radikal medienarchäologisch analysiert setzt diese Arbitrarität nicht erst auf der Ebene menschlichen Wollens und des Willens von Programmierern, sondern bereits im Akt der Digitalisierung selbst ein. Von daher heißt "Aufklärung" zuallererst, sich intim vertraut zu machen mit der technischen Grundlagen, mit der Begründung der aktuellen medienkulturellen Lage und sie von daher epistemologisch aufzurollen.

Grundlage aller medientheoretischen Reflexion dessen, was derzeit unter dem Stichwort „Digitalisierung“ kursiert, bildet vor aller kritischen Diskursivierung zuallererst die präzise Analyse der technischen Bedingungen – so zumindest die Forderung radikaler Medienarchäologie. Thematisch werden also nicht vorrangig die der eigentlichen „Digitalisierung“ nachgeordneten sozialen, ökonomischen und kulturellen Effekte als Funktion algorithmisierter Datenverarbeitung, sondern diese werden – buchstäblich medienarchäologisch – vielmehr an ihrer Wurzel, im Prinzip (*en arché*) aufgegriffen.

Wenn etwa im akademischen Wintersemester 2020/21 eher unscharf die Rede von "hybrider" Lehre zwischen Realpräsenz und Online-Lehre war, kann dies viel konkreter im technischen Ereignis selbst verankert werden: im "Analog-Digital-Umsetzer als Bindeglied zwischen Analogsignal und digitaler Verarbeitung"⁴⁹. Emphatischer widmet sich ein weiteres elektrotechnisches Fachbuch dieser Schnittstelle sehr konkret jenen "[...] Bauteilen und Schaltungen, die notwendig sind als Bindeglied zwischen der realen analogen Welt zur digitalen Computer-Welt [...]".⁵⁰

Die Elektrotechnik weiß um Varianten, die alle Metaphysik in der Unterscheidung von „analog“ und „digital“ unterläuft, etwa der stochastische Analog-Digital-Umsetzer. Die Kodierung erfolgt hier technisch durch spezielles Messgerät „nicht dual, sondern die Verschlüsselung des Analogwertes erfolgt in Form einer statistischen Häufigkeit“⁵¹. Mathematisch wird die Digitalisierung damit in Begriffen der Entropie messbar:

"Der Analogwert E ist also verschlüsselt in der Auftrittswahrscheinlichkeit p des Zustandes logisch ‚1‘ der Größe $z(t)$. $z(t)$ ist nur der Werte ‚0‘ oder ‚1‘ fähig, ist also eine digitale", genauer: eine binäre Größe und kann von daher in dieser Form übertragen werden. Und schon wird deutlich, dass die TempoR(e)alität der Digitalisierung nicht die verfließende Zeit,

49 Seitzer 1977: 65

50 Rainer Eckl / Leonhard Pütgens / Jürgen Walter, A-D- und D-A-Wandler. Grundlagen, Prinzipialschaltungen und Applikationen, 2., verb. Aufl. München (Franzis) 1990, 5

51 Seitzer 1977: 66

sondern Zeit im etymologischen Sinne des Ab-Schnitts, der quasi kinematographischen Abtastung und Montage von Bewegung ist: Die Bestimmung von E aus $z(t)$ muss sich „stets eines endlichen Zeitintervalles bedienen“⁵², um aus den so ermittelten Werte eine Streuung auszulesen, die sich in statistischen Begriffen angeben lässt. Der damit invers korrespondierende Digital-Analog-Umsetzer zeitigt medienästhetische Konsequenzen in der Bildsignalverarbeitung: In der Codierung von Videosignalen wurde eine unter dem Stichwort *dithering* bekannte „Methode eingesetzt, um aus einer Folge von binären Impulsen über den Fernsehbildschirm und das Auge ein Bild mit Grauwerten, also einen dem analogen Videosignal in der subjektiven Wirkung nahekommenden Eindruck zu erzeugen.“⁵³ Werden die Umschaltsschwellen eines Analog-Digital-Umsetzers mit geringer Auflösung durch eine überlagerte *dithering* Spannung modifiziert, „lassen sich die sonst auftretenden Kontour-Effekte vermeiden bzw. mildern“ (ebd.).

Im Fokus der vorliegenden Untersuchungen stehen damit die konkreten technologischen „Szenen“ im medientheatralisch begriffenen Drama der Digitalisierung. Das damit verbundene computer- und elektrotechnisches Spezialwissen, das selbstredend die Quelle solcher Analysen bildet, wird dabei hinsichtlich seiner epistemologischen Implikationen und Konsequenzen durchdacht. Die Kompetenz der Medienwissenschaft gegenüber Elektrotechnik und Informatik, welche die konkreten Medienszenarien der A / D-Umsetzung viel besser verstehen, liegt allein - aber entscheidend - in diesem Überschuss an Erkenntnisgewinn.

Die hiesigen Ausführungen stellen keine umfassende Analyse der "digitalen Kultur" im Allgemeinen namens Medienkultur und Mediensoziologie dar, sondern verstehen sich als eine für medienwissenschaftliches Denken paradigmatische Annäherungen, mit Schwerpunkt auf der medienarchäologischen Methode. Nicht das Digitale als solches und die damit verbundenen "digitalen Medien" sind der Untersuchungsgegenstand, sondern die schrittweise Übersetzung einer bisherigen Welt von Kulturtechniken in die Welt des Technologischen. Die medienepistemische Gretchenfrage, insofern sie *medias in res* geht, lautet hier: Handelt es sich schlicht um eine weitere "Transformation" im kulturellen Gefüge, oder eine radikale Transkription? Eine Gretchenfrage als "direkte, an den Kern eines Problems gehende Frage" geht zurück auf Johann Wolfgang von Goethes Tragödie *Faust I*. Darin adressiert Margarete den Protagonisten Heinrich Faust mit der Frage: „Nun sag, wie hast du's mit der Religion? Du bist ein herzlich guter Mann, allein ich

52 Seitzer 1977: 67

53 Seitzer 1977: 69

glaub, du hältst nicht viel davon."⁵⁴ Analog dazu lautet die Gretchenfrage für das Studium der Medienwissenschaft: "wie hast du's mit der Technik?"

Umso deutlicher verstehen sich auch die vorliegenden Analysen als eine "Kritik" der aktuellen Digitalisierungswelle - nicht im skeptischen allgemeinen Wortsinn, sondern um im Sinne des altgriechischen *krínein* bewusster zu "entscheiden". Medienarchäologie sieht im aktuellen Digitalisierungsschub nicht schlicht eine weitere Variante, oder Eskalationsstufe kultureller Technikgeschichte, sondern spürt darin einen buchstäblich "kritischen", d. h.: entscheidenden qualitativen Umbruch von epistemischer Dimension auf - sowohl hinsichtlich der Medienkultur im Allgemeinen, als auch hinsichtlich der kulturellen Zeitlichkeit im Speziellen.

Debugging, und die Konkretheit des Digitalen im Vollzug

Gegenstand von David Gauthiers Dissertation *To Execute, Rewrite, and Debug*⁵⁵ ist das Debugging als ein medienarchäologisches Kernverfahren, als technologische Erdung der "Itineration" als Öffnen der *temporalen* Black Box (das Inzwischen) von *computing* als Prozess. Ein Computerprogrammierer vermag im Voraus nicht abschließend vorauszusagen, wie sich sein Programm in seiner wirklichen Laufzeit als Ausführung in Kopplung an Daten verhält.⁵⁶ Insofern ist die symbolische Abstraktion (etwa das Konzept der "Zahl", oder der Algorithmus) der Kulturtechnik (etwa das "Zählen", oder tatsächliches Rechnen) nicht schlicht vorgängig. Ganz im Sinne der "Operationsketten" als Kernbegriff der Kulturtechnikforschung gilt: "[I]t is only through its execution that any [algorithmic] sense can become" (Gauthier). Der *Technológos* entfaltet sich erst im Vollzug. Dies verlangt für die kritische Analyse nach seinem schrittweisen medienarchäologischen Nachvollzug.

Itineration als Methode des Studiums von Zwischenschritten ist - im Unterschied zur reinen Iteration - "the science of following a matter in its processual unfolding: iteration seeks to reproduce (e.g., a result, a form, a command) while itineration seeks to follow (e.g., a logic, a matter, an

54 Vers 3415, zitiert nach: <https://de.wikipedia.org/wiki/Gretchenfrage>, Zugriff 16. Dezember 2020

55 Eingereicht an der Faculty of Humanities der Amsterdam University (2020)

56 Siehe die Masterarbeit von Johannes Maibaum, *Schnelle Transformationen. Eine medienarchäologische und objektorientierte Untersuchung von Fourier-Transformationsalgorithmen* (2017), <https://edoc.hu-berlin.de/handle/18452/18875?show=full>, sowie Beatrice Fazi, *Contingent Computation: Abstraction, Experience, and Indeterminacy in Computational Aesthetics*, London (Rowman & Littlefield) 2018

execution). [...] Computational sense (as an operational interim) asks to be followed and traversed in all its intricacy."⁵⁷ Dabei werden auch die mikrophysikalischen Kompliziertheiten und zeitkritischen Idiosynkrasien der Hardware mit berücksichtigt und dem reinen Logos der "Digitalisierung" gegenüber respektiert.

Rückkehr zum technischen Kern der "Digitalisierung"

Einerseits ist derzeit die Rede von einer umfassenden „Digitalisierung“ der Lebenswelt in der Generierung, Übermittlung und Speicherung von Daten; andererseits wird im Modus des *futurum exactum* eine „digitalisierte“ Welt längst schon stillschweigend unterstellt. Diese Diskursverschiebung für einen Moment aufzuhalten respektive zu suspendieren (im Sinne der Husserlschen *epoché*) gehört zu den Aufgaben entscheidungskritischer Medienarchäologie. Anstelle sie schlicht vorauszusetzen, thematisiert und reflektiert sie diese „Digitalisierung“ in technischer und medienepistemischer Hinsicht.

Der Fokus dieser medienkritischen Aufmerksamkeit liegt auf der umfassenden Übersetzung „analoger“ Signal- in „digitale“ Datenpraktiken. Damit wird eine Welt, die sich bislang in ihrem Rauschen (also im Realen) der symbolischen Beherrschung entzogen hat (und mit den sogenannten „analogen“ Medien wie Photographie und Phonograph zu ihren eigenen medientechnischen Recht kam), hermeneutisiert. War das "Buch der Natur" (Galileo Galilei) zunächst noch eine Hypothese, wird sie mit der nachrichtentechnischen Digitalisierung praktiziert. Es werden nicht Schriften in andere Schriften transkribiert, sondern Digitalisierung bedeutet überhaupt erst eine Verschriftlichung dessen, was als Signal bislang dem alphabetischen Code unzugänglich war. Digitalisierung heißt Kodierung in Symbolfeldern, die in der Hardware von Computern als elektrophysikalische Realität (als „zweite Natur“) „korpifiziert“ (Lacan) werden. Welthaftige Signale werden mithin in einen „Text“ verwandelt; somit können bislang vertraute Operationen der Textverarbeitung als *data processing* im konkreten Mikroprozessor zum Vollzug gebracht werden.

Medienarchäologie erinnert in diesem Zusammenhang an das Motiv, die an sich technisch zunächst aufwändigere "digitale" Signalübertragung gegenüber den hocheffektiven "analogen" Kommunikationsmedien durchzusetzen. Analog zur geisteswissenschaftlichen Hermeneutik, welche Uneindeutigkeit auf eindeutigen Schriftsinn zu reduzieren sucht, zielte die *Mathematical Theory of Communication* auf die Eliminierung von Rauschen: "In the process of being transmitted, it is unfortunately

57 Gauthier, "Summary" seiner Disseration *To Execute, Rewrite, and Debug: On the Construction and Deconstruction of Computation* an der Faculty of Humanities, Amsterdam University, 2020

characteristic that certain things are added to the signal which were not intended by the information source [...] distortions of sound (in telephony, for example), or static (in radio), or distortions in shape or shading of picture (television)."⁵⁸ Angesprochen sind hier (elektro-)physikalische Verzerrungen, die mit einer digital kalkulierbaren *signal-to-noise ratio* nahezu eliminiert werden können - aber eben nur nahezu. Binäre Signalverarbeitung muss hinreichend zwischen zwei Spannungszuständen unterscheiden können - aber genau dieses Hinreichende ist selbst verwurzelt in der Praxis der elektronischen Welt. An den Grenzen der binären Schalter enttarnen sich "digitale" Signale als zu 100 % analog, etwa im Quantisierungsrauschen beim unzureichenden Sampling - mithin im akustischen Sinne des "Rauschens" sogar hörbar. Und damit zum Oxymoron der Rechteckschwungung: Eine nur idealiter existente Rechteckschwungung lässt sich real durch unendlich viele Oberschwingungen (die Harmonischen) darstellen. Diese sogenannte Fourier-Reihe borgt ihre Semantik dem Sonischen. "Je mehr solcher Vielfache der Grundfrequenz berücksichtigt werden, umso näher kommt man einem idealen Rechtecksignal. An den un stetigen Stellen des Rechtecksignals bildet sich durch die Fourier-Synthese bedingt ein so genannter Überschwinger, der auch bei größerer Approximation nicht verschwindet. Diese Erscheinung wird Gibbssches Phänomen genannt."⁵⁹ Diese "Erscheinung" ist in der Tat der "Geist" der digitalen Medien. Kaum wird das Logische in technischer Materialität implementiert, verkehrt es sich wieder in eine Artikulation des Realen - ganz so, wie die in Magnetband gespeicherten Bits, unter dem Mikroskop betrachtet, sich auf stochastisch angeordnete ferromagnetische *grains* verteilen, und gepixelte Bilder nicht die Nachfolge der photographischen Körnigkeit von Silberhalogenit sind. Dieser Techno(a)lógos ist mithin die ganze Differenz zur Metaphysik des Digitalen.

Ist das *bit* als mathematisches Konstrukt der Nachrichtentheorie seiner technischen Implementierung überhaupt je vorgängig? Die Rede von der Versenkung oder "Verleimung" (Lacan) der symbolischen Ordnung mit dem MateRealen suggeriert hier eine Präexistenz, deren Alternative konzeptionell die Gleichursprünglichkeit von Code und Materie darstellt.⁶⁰ Schon im Moment ihrer Idee ist eine binäre Unterscheidung (als Flussersches "Unding" gleicht "Software") *embodied*, und nicht schlicht *extended* (Andy Clark), in zeiträumlich konkreten Gegebenheiten. Ein tatsächliches Oszillogramm (und nicht abstraktes Zeitdiagramm) von binären Pulsketten in einer Quecksilberverzögerungsleitung früher elektronischer Computer (zum Zweck der dynamischen Datenzwischenspeicherung als RAM) erinnert schon in seiner Legende an das "digitale" als Extremform des "analogen" Signals: "Wave forms as

58 Shannon / Weaver 1949 /1964: 7

59 <https://de.wikipedia.org/wiki/Fourierreihe>, Abruf 24. August 2020

60 Siehe Georg Trogemann (Hg.), Code und Material. Exkursionen ins Undingliche, Wien / New York (Springer) 2010

various parts of a cycle"⁶¹. Gleichsam in einer Metonymie des Verfassernamens selbst (Sharpless) verschwimmen die klaren Grenzen der idealen Rechteckimpulse zu sinoiden Verschleifungen - und dies bereits auf der Ebene der *time base*, nämlich des "standard clock pulse" (106). Zudem verschränkt sich - als Funktion der schieren Materialität des Speichermediums (Quecksilber im *memory tank*) - die thermodynamische mit der informationstheoretischen Entropie entsprechend der Umgebungstemperatur, und bedarf daher einer logischen (kybernetischen) Gegenkopplung: "[A]s the temperature of the tank changes, the frequency of the oscillator and hence the pulse spacing is changed to keep the [...] pulse spaces / available in the tank of similar length at similar temperature" (108 f.).

Umgekehrt wird aufgrund dessen ein (approximiertes) Rechtecksignal "häufig zum Testen elektronischer Schaltungen genommen, da so das Frequenzverhalten dieser Schaltung erkannt wird" (ebd.). Das TechnoReale wird mithin mit dem Symbolischen abgeglichen. Damit ist die brisante Frage des Verhältnisses zwischen dem Realen und dem Symbolischen angesprochen, die neben dem (für innertechnische Vorgänge nicht existenten) Imaginären (des humanpsychischen Apparats) von Lacans Psychoanalyse auf technische Medienwelten übertragen wurde.⁶² Diente die Binarisierung der Signale einst der Eskamotierung des Rauschens aus der Signalübertragung, kehrt es in Form des Quantisierungsrauschens in der A / D-Wandlung wieder ein, als "codeabhängige Fehlerquelle"⁶³. Die radikale Dichotomie zwischen dem physikalisch "Realen" und der "symbolischen Ordnung" ist womöglich selbst ein metaphysischer Effekt der nachrichtentechnischen Informationstheorie. Da jeder Algorithmus, um zum Technológos zu werden, einer konkreten Implementierung in Materie bedarf (beginnend mit Papier und Bleistift), kehrt das Rauschen des Realen in einer Materialität zweiter Ordnung wieder ein. Beide Welten sind niemals sauber trennbar, sondern - mit Lacan - miteinander "verleimt": "[...] enfin, les symboles restaient toujours à la place où ils étaient faits pour être", gleich Lötstellen oder der POKE-Befehl in der Direktspeicherverwaltung unter BASIC: "[e]nglués dans ce réel"⁶⁴.

61 T. Kite Sharpless, Mercury delay lines as a memory unit, in: Proceedings of a Symposium on Large-Scale Calculating Machinery, Cambridge, Mass. (Harvard University Press) 1948, 103-109 [Nachdruck 1985], 107, Abbildungen 5 u. 6

62 Friedrich Kittler, Grammophon - Film - Typewriter, Berlin (Brinkmann & Bose) 1985, "Einleitung"

63 Eckl et al. 1990: 258

64 Jacques Lacan, Psychanalyse et cybernétique, ou de la nature du langage [1955], in: Le Séminaire, Buch II: Le moi dans la théorie de Freud et dans la technique de la psychanalyse, Paris (Seuil) 1978, Kapitel XXIII, 346

Radikale Medienarchäologie geht zunächst den technologischen Kernoperationen auf den Grund, bevor ihre epistemischen, ästhetischen, politischen, ökonomischen und ökologischen Medieneffekte diskutiert werden.⁶⁵ Hochaufgelöste ("high definition") Medienanalyse nimmt von daher stets technisches Wissen zum Ausgangspunkt, etwa Fachliteratur wie Bernard Lorifernes *Analog-Digital and Digital-Analog Conversion*⁶⁶, und spürt jene Details auf, die von Ingenieuren zumeist nur *en passant* erwähnt werden, aber im geisteswissenschaftlichen Erkenntnisinteresse einer epistemologischen Entfaltung wert sind. Dabei kommt es zu einer brisanten Gratwanderung, oszillierend zwischen technischem Dilettantismus und medienphilosophischer Reflexion, verbunden mit dem Risiko, voreiligen Schlussfolgerungen aus nur halbverstandenen techomathematischen Verhältnissen zu ziehen.

Resistenz gegenüber der "Digitalisierung" oder fatale Strategie ihrer Überbietung?

Jede optische Erscheinung auf dem Monitor eines Computer respektive akustische Artikulation aus dessen piezoelektrischem Lautsprecher - vom Laptop bis hin zum mobilen Smartphone - ist vorweg schon digitalisiert worden. Nur zum Schein gibt es hier überhaupt noch auditive, oder visuelle Phänomene, denn alles, was der Digitalcomputer dargestellt, ist längst schon *vermessen*: nachrichtentechnische Information, gemessen in *bits*.

Dem gegenüber stellen sich eine Reihe von Fragen: Ist die Nostalgie nach der indexikalischen Spur des Realen ein essenzialistisches Argument? Zeugen digitalisierte (im Unterschied zu *born digital*) Bilder und Töne aus dem binären Speicher in ihrer Datenstrukturierung noch kausal vom Vorbild, oder erleidet das "post-photographische" Bild⁶⁷ einen Realitätsverlust? Bilden die elektronischen Spannungen die physikalischen Signale der äußeren Welt zumindest noch ab - als *mapping*?⁶⁸ Das von Peirce in Zeiten "analoger" Phono- und Photographie identifizierte indexikalische Zeichen setzt zeitkontinuierliche Signalaufzeichnung und -übertragung voraus, wie sie in der digitalen

65 Beispielhaft dafür: Stefan Höltgen, Das magische Panoptikum. Technologien der Überwachung zum Zweck des Spiels - eine computerarchäologische Analyse, in: Martin Hennig / Marcel Schellong (Hg.), Überwachung und Kontrolle im Computerspiel, Glückstadt (Verl. Werner Hülsbusch) 2020, 124-155

66 London / Philadelphia / Rheine (Heyden) 1982 [FO La Conversion Analogique-Numérique, Numérique-Analogique, Paris 1976]

67 Siehe W. J. T. Mitchell, The Reconfigured Eye. Visual Truth in the Post-photographic Era, Cambridge, MA / London 1992

68 Siehe Laura U. Marks, touch. Sensuous Theory and Multisensory Media, Minneapolis (University of Minnesota Press) 2002

Signalverarbeitung nur noch als Hyperrealität des Abtast-Theorems existiert. "Zwar wird die äußere Welt auch in den Photon-Zu-Elektron-Pixeln ›indiziert‹, angezeigt, ausgelöst, reaktiviert, – doch werden hier, anders als in der optischen Dichte eines Films, die Koordinaten des Raums und die Daten der Intensität signal- und messtechnisch voneinander getrennt. [...] Die signaltechnische Entkoppelung von Raum und Zeit bringt eine stark abgeschwächte Ontologie hervor, die allein auf logisch gekoppelte Datenstrukturen referenziert. Diese logische Indexikalität erlaubt jede Art von algorithmischer Varietät"⁶⁹ - so dass fortan der Gebrauch "sozialer Medien" eine Funktion dieser technologischen Epistemologie selbst wird, wie es Hagens Buchuntertitel auf den Begriff bringt. Dem Verdacht gegenüber, dass digitale Bilder - viel grundlegender als in Grenzen retuschierbare Analogphotographien - prinzipiell (*en arché*) unter dem Manipulationsverdacht durch Algorithmen und - etwa als *persona*-überblendende "Deepfakes" - neuerdings Künstliche Intelligenzen stehen, erinnert Medienarchäologie an den zunächst diagnostischen Einsatz solcher Verfahren in der Medizin, um etwa durch *image warping* geometrischen Verzerrungen in der Optik entgegenzuwirken. Dort sind "das Processing, die Manipulation, gerade Bedingung des referenziellen Bezugs der Bilder"⁷⁰. Die Unterscheidung des "analogen" vom "digitalen" Bild bezieht sich in der Epoche hochaufgelöster Bilder aus dem CCD-Chip und anderer technischer Sensoren und Prozessoren kaum noch auf die menschliche Wahrnehmbarkeit, sondern benennt schlicht diverse technische Verfahren. So kann der Weltbezug digitaler Bilder „sogar umfassender sein kann als jener fotochemisch erzeugter Bilder“⁷¹. Doch von welcher "Welt" ist hier die Rede?

P. S. Am 17. Februar 2022 ist Wolfgang Hagen in Zürich verstorben und hinterlässt in vielen Hinsichten - u. a. als Meisterdenker einer epistemologisch orientierten Medienwissenschaft - eine Lücke. Seines letztes Buchmanuskript lautet *Das Loch. Beobachtungen vom Schwinden des Seins* ("eine brillante Genealogie der Löcher, die das neuzeitliche Denken und seine Medientechnologien hervorgebracht haben"⁷²) wird im Merve Verlag (Leipzig) erscheinen, den Wolfgang Hagen in den 1970er Jahren selbst mit aufgebaut hatte.

"Digitalisierung" - nicht mehr blosse Kulturtechnik, sondern Technologie

69 Wolfgang Hagen, Neudasein. Essays zur sozialen Epistemologie der Smartphone-Fotografie, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2021, 52 f.

70 Schröter 2004: 345

71 Schröter 2004: 337

72 So formuliert in einer elektronischen Benachrichtigung durch Viktoria Tkaczyk, 18. Februar 2022

Im Sinne einer medienarchäologischen Anamnese schaltet die Analyse der aktuellen Lage, nachdem sie sich zunächst der Aufklärung über die technischen Kernvorgänge im Prozedere der „Digitalisierung“ welthaftiger Signale gewidmet hat, in einem zweiten Schritt einen Gang zurück. Sie untersucht, welche Kulturtechniken vorweg das „Digitale“ privilegiert haben – vom diskreten Zählen bis hin zur analytischen Elementarisierung als wissenschaftlicher Form, symbolisch realisiert in „Alphabeten“. Solche Alphabete reichen von der Schrift bis hin zur nachrichtentechnischen Kodierung und zum logischen Kalkül.

Denn wörtlich verstanden lässt sich „Digitalisierung“ nicht auf den Binärcomputer reduzieren, sondern bezeichnet recht eigentlich eine umfassendere Kulturtechnik: etwa das dezimale Abzählen mit den Fingern beider Hände (*digitus*)⁷³, oder das handschriftliche Ausfüllen von Formularen im alphanumerischen Code. Und mit dem Buchdruck hat das Abendland den Choque der Digitalisierung als Prototyp in der Tat bereits einmal durchlitten.

Bleibt als Alternative zur ubiquitären Digitalisierung bislang realpräsen-ter Welten nur noch der trotzige Rückzug in die Digitalverweigerung? Ist die zeitweilige Pausentaste (wenn nicht gar Widerstand) gegenüber der aktuell inflationären „Digitalisierung“ mehr als nur eine donquichoteske Trotzreaktion, wie aus medienhistorischer Sicht Cervantes' "Ritter von der traurigen Gestalt" Don Quichote Ausdruck einer angesichts des neuen Mediums Buchdruck längst untergehenden spätmittelalterlichen Kultur war?

Demgegenüber wird aus "proto-digitaler" Kulturtechnik erst durch Delegation an nicht-menschliche Technologie eine „Digitalisierung“ zweiter Ordnung. Bislang performative, also (im Sinne der Theaterwissenschaft) körpergebundene Praktiken der Symbolmanipulation werden durch maschinelle Autonomisierung operativ (im Sinne der Kybernetik).

Die analytische und begriffliche Unterscheidung zwischen Kulturtechniken und Technologien ist ein Anliegen der Medienarchäologie. Ein Beispiel: Vom 17. bis zum 18. November 2020 veranstaltete die Stiftung Genshagen ein Online-Symposium in Englisch *via ZOOM* zum Thema *Music, Media, Arts Education. A Pan-European Exchange of Views on Research, Praxis and Musical Education in the Digital Age*. Unter den Fragen, die diskutiert werden sollten, fand sich in der Ankündigung auch die folgende: "How digitisation could influence both the learning and teaching of music, and how music teaching practices could be thus expanded so as to embrace digital cultural techniques?" Das diskursive

73 Dazu Simone Loleit, "The Mere Digital Process of Turning over Leaves". Zur Wort- und Begriffsgeschichte von "digital", in: Schröter / Böhnke (Hg.) 2004: 193-214 (204 ff.)

Dilemma äußert sich hier im Oxymoron der "digital cultural techniques", denn "digitale" Medien bilden gerade den qualitativen Umbruch von klassischen körpergebundenen Kulturtechniken hin zu genuiner Technologie. Doch spricht sich in diesem Oxymoron eine technische Wahrheit, denn Marcel Mauss' Begriff der "Körpertechniken", den 1934 vor Psychologen und Anthropologen vortrug⁷⁴, und der mit einer Zeitverzögerung schließlich für den kultur- und medienwissenschaftlichen Begriff der Kulturtechniken maßgeblich wurde, war seinerseits ein Effekt seiner Vertrautheit mit der frühen ethnologischen Chrono- und Kinematographie. "Es liegt nahe, die Erfindung der Körpertechniken durch Marcel Mauss auf die Geschichte und Vorgeschichte des ethnographischen und körpertechnischen Films zu beziehen, auf Marey und Regnault in Frankreich. Dieser Verweis ist weder falsch noch treffend [...]"⁷⁵ - wenn er vom technozentrischen Impetus der Medienarchäologie zugunsten einer umfassenderen Medienanthropologie absieht. Hier stellt sich nicht allein die Frage nach der Vorgängigkeit des Technischen, sondern zugleich auch der Natur derselben: anthropozentrisch oder im Sinne einer autonomen Externalität der Maschine? Denn "[z]ugleich sagt Mauss, dass diese Techniken, die Körpertechniken, allen anderen Techniken vorausgehen: sie waren die ersten Techniken. Was das in seiner Konsequenz heißt - ontogenetisch, phylogenetisch, technikhistorisch -, wird von Mauss nur angedeutet. Eine Konsequenz wäre vermutlich folgende: Der Technikbegriff kann nicht durch eine Exteriorisierung körperlicher Organe begründet werden, wenn das erste Objekt und Mittel technischer Tätigkeiten der Körper war und bleibt. Eine Prothesentheorie, die sich im Gefolge der deutschen Technikphilosophie von Ernst Kapp durch eine Dialektik der Entäußerung und Wiederaneignung körperlicher Organe entfaltet, ist nach Mauss eigentlich nicht mehr plausibel. Allerdings hat ausgerechnet ein technikhistorischer Schüler von Mauss, André Leroi-Gourhan, mit großem Erfolg genau eine solche Menschheitsgeschichte / geschrieben."⁷⁶

74 Marcel Mauss: Die Techniken des Körpers, in: ders.: Soziologie und Anthropologie, Bd. 2, München 1974, 197 - 220

75 Erhard Schüttpelz, Körpertechniken, in: ZMK 1/2010, 1-20 (7), u. a. unter Bezug auf: Michel Frizot, Der menschliche Gang und der kinematographische Algorithmus, in: Herta Wolf (Hg.), Diskurse der Fotografie, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 2003, 456 - 478; ferner Friedrich Kittler, Von der Poesie zur Prosa. Bewegungswissenschaften im 19. Jahrhundert, in: Gabriele Brandstetter (Hg.), ReMembering the body. Körper-Bilder in Bewegung [anlässlich der Ausstellung STRESS im MAK, Wien, 2000], Ostfildern-Ruit (Hatje) 2000, 260-269, über die mathematische Analyse der menschlichen Gehbewegung von Seiten der Gebrüder Weber: Eduard Weber und Wilhelm Weber, Die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge [*1836], in: Wilhelm Weber 's [sic] Werke, hg. v. d. Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Bd. 6, Berlin (Springer) 1894

76 Schüttpelz 2010: 10 f., unter Verweis auf André Leroi-Gourhan: Hand und Wort. Die Evolution von Technik, Sprache und Kunst, Frankfurt / M.

Für eine "konkret studierende Medienwissenschaft" am Beispiel von RFID

Unter dem Titel *RFID. Vom Ursprung einer (all)gegenwärtigen Kulturtechnologie* hat sich an der Philosophischen Fakultät der Humboldt-Universität vor Jahren eine Magisterarbeit dem digitalisierten Funkchip gewidmet.⁷⁷ Und damit zu einer Gretchenfrage des medienarchäologischen Studiums: wieviel technisches und informatisches Wissen wird für eine gelingende Examensarbeit im Studiengang Medienwissenschaft verlangt? Bemerkenswert ist am Untertitel von Christoph Rosols Untersuchung zum RFID Funk-Chip der Begriff der "Kulturtechnologie", denn dieser pendelt zwischen den "Kulturtechniken" und einem harten (*scientific*) Verständnis von "Technologie". Vor allem aber wird die Methode einer techniknahen Medienwissenschaft eingeführt: "Zunächst wird die Technik selber zu fassen versucht - ihre Grundlagen, Prinzipien, Schaltungen. In einem zweiten [...] Schritt wird nach der Historie eben dieser Technik gefahndet. Während alle von der Zukunft *durch* RFID reden [...]"⁷⁸ - und dies gilt analog auch für die aktuelle Rede einer allumfassenden Digitalisierung - "redet dieses Buch von der Vergangenheit *in* RFID", wo ein technischer (und logischer) "Kern" geradezu *aufgehoben* ist (um hier erneut einen Begriff Hegels zu bemühen). Doch im Unterschied zu "kulturwissenschaftlicher Grundlagenforschung"⁷⁹ hat Medienarchäologie ein geradezu ahistorisches Verständnis von Medienzeit. Im historiographischen Modell der Mediengeschichte "kommen die technischen Medien nicht von irgendwoher, sondern sind historisch-kontingente Artefakte und stehen in einem wissenschafts- und technikhistorischen Kontext"⁸⁰. Demgegenüber bestimmt radikale Medienarchäologie die Tradition technischen Wissens vielmehr von Seiten eines denk- und lötnotwendigen *Technológos*. Die *arché* technischer Medien oszilliert in diesem *double-bind*; Bernhard Siegert sucht von daher "den Anfang der elektrischen Medien zu denken einerseits als historischen Anfang, andererseits als einen ursprungslosen, das heißt gegenüber dem Moment eines Ursprungs permanent verschobenen Anfang"⁸¹.

(Suhrkamp) 1980

77 Publiziert Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2008, 2. Aufl. 2016 [Berliner Programm einer Medienwissenschaft Bd. 4]

78 Rosol 2007: 9

79 Rosol 2007: 9

80 Rosol 2007: 14

81 Siegert 2003: 11. Was mithin unter dem Titel *Passage des Digitalen* publiziert wurde, hieß in der Originalfassung einer Habilitationsschrift (Humboldt-Universität zu Berlin) noch *Mathesis und Graphé. Eine Medienarchäologie der neuzeitlichen Wissenschaften*

Doch bevor derartige Erkenntnisfunken aus solchem Wissen gewonnen werden - das Kernanliegen aller techniknahen Medienwissenschaft -, gilt es, sich mit dem technischen Ding - und seinen Details - vertraut zu machen: "Es gilt, aus dem Raunen über RFID erst einmal ein konkretes Sprechen zu machen" (ebd.) - als ein weiterer Wortsinn des *Technológos*. "Dieses zu beschreiben ist - trotz aller Pein im Detail [...] - die Aufgabe einer konkret studierenden Medienwissenschaft"⁸².

Konkret prallen im RFID-Chip klassische (analoge / reale) Radiotechnik und Kodierung (digital / symbolisch) aufeinander, und nur das genaueste Hinsehen auf die präzisen mikrotechnischen Ereignisse trägt hier zur Klärung respektive medientheoretischen Inspiration bei. Zu den Kennzeichen der RFID-Technik gehört u. a. die „unauffälligen Auslesemöglichkeit“⁸³. Gerade die „berührungslose“ Signalübertragung per Chipkarte im Funkfeld (daher oft auch „Funk-Chip“ genannt) ist eine Sicherheitslücke im elektrophysikalischen Mediensinn, denn sie erlaubt klassische Funkabhörung, während die Dekodierung der verschlüsselten Daten dem komputativen Algorithmus anheimgestellt sind.

Konkret besteht ein RFID-Transponder aus einer klassischen, wenngleich miniaturisierten Antenne, einem *analogen* Schaltkreis zum Empfangen und Senden (Transceiver) sowie einen digitalen Schaltkreis und einem permanenten Read Only Memory. "Der digitale Schaltkreis ist bei komplexeren Modellen ein kleiner Mikrocontroller" und wird damit selbst ein Computer.

Interessanterweise erhält der Transponder-Chip (eine Wortkomposition aus Transmitter und Responder) seine Energie jeweils von den elektromagnetischen Wellen des abfragenden Senders selbst. Dies ist eine medienarchäologische Rekursion des antiken Detektorradios, das über Antenne nicht nur die Radiosendung an sich, sondern auch die Energie zum Radiobetrieb erhielt (hinreichend für Kopfhörerempfang, nicht hinreichend für verstärkungsbedürftige Lautsprecher). Die kybernetische Trennung von Energie und Materie einerseits, und Information andererseits, wird hier unterlaufen, wie künftig auch das Internet der Daten mit dem "Internet der Dinge" (Hardware) und der Infrastruktur "intelligenten" Stroms konvergieren wird.

Digitalisierung als "Zeit des Weltbilds" (Heidegger)

82 Rosol 2007: 10

83 <https://de.wikipedia.org/wiki/RFID>, Abruf 3. November 2020. Zur Genealogie dieser Technik siehe Christoph Rosol, RFID. Vom Ursprung einer (all)gegenwärtigen Kulturtechnologie, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2008, 2. Aufl. 2016

Medientheorie gibt zu bedenken, dass das Sampling analoger, kontinuierlicher, welthaftiger Signale in digitale Daten mehr ist als ein bloß funktionaler technischer Akt. Sie *bedenkt* dies durch Relektüre von Texten, die durch die aktuelle medientechnische Lage tatsächlich aktualisiert werden, geradezu ahistorisch: etwa Martin Heideggers Vortrag über "Die Zeit des Weltbildes" von 1938. Darin kommt die buchstäblich vermessen(d)e Mathematisierung wissenschaftlicher Naturerkenntnis zur Sprache, die heute technomathematisch universal geworden ist, insofern diese grundlegende Operation als *computing* nun von der symbolischen Ordnung in eine reale Wirkungsmacht implementiert - und damit einer qualitativen Eskalation von der Kulturtechnik zur Technologie - wurde.⁸⁴

In seinem Vortrag "Die Zeit des Weltbildes" argumentierte Martin Heidegger, daß die moderne Naturwissenschaft und Technologie ganz und gar der Berechenbarkeit anheimgegeben sind, wie sie auf Englisch treffsicher *computation* heißt. Technik ist damit nicht schlicht die "nutzbringende Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse", sondern umgekehrt ist die neuzeitliche Wissenschaft eine Funktion des *Technológos* (nicht zu verwechseln mit der wissenssoziologisch diskutierten "technischen Vernunft"⁸⁵).

Nahezu zeitgleich zu Heideggers Diagnose der neuzeitlichen Episteme entwirft der Mathematiker Alan M. Turing eine symbolische Maschine, die genau dies formalsprachlich realisiert. Was die Gegenwart an der metamathematischen Theorie der Berechenbarkeit interessiert, sind die tatsächlich berechenbaren "big data" in Wissenschaft und Sozialen Medien. Doch schon Heidegger sah in dieser Tendenz zum Datengigantismus nicht nur eine Gefahr, sondern (frei nach Hölderlin) auch eine Rettung. Jeder Schatten ist auch ein Hinweis auf Licht.⁸⁶ Denn was im Zeitalter von *computing* aufscheint, ist - bei entsprechendem Perspektivwechsel - umso deutlicher das Unkalkulierbare als Kernmoment von Turings Überlegungen von 1937, wie es derzeit als Thema in der Computermedienwissenschaft wieder aufgegriffen wird⁸⁷: das Nicht-Berechenbare im Sinne Kurt Gödels, und dem, was gegenüber Künstlicher Intelligenz und "deep" Machine Learning ein unkalkulierbarer

84 Martin Heidegger, Die Zeit des Weltbildes [Vortrag 1938], in: ders., Holzwege, Frankfurt / M. (Vittorio Klostermann) 1950, 69-104

85 Siehe etwa Günter Spur, Über die technische Vernunft. Ein Forschungsansatz, in: Klaus Firscher / Heinrich Parthey (Hg.), Gesellschaftliche Integrität der Forschung (= Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2005), Berlin Gesellschaft für Wissenschaftsforschung) 149-159

86 Siehe Martin Heidegger, The Age of the World Picture [GO 1938], in: idem, The Question Concerning Technology and Other Essays, New York, NY (Garland) 1977, 115-154 (154)

87 Siehe etwa Beatrice Fazis Monographie *Contingent Computation: Abstraction, Experience, and Indeterminacy in Computational Aesthetics* (2018)

Rest an menschlicher Differenz meint. Dieser Rest-Mensch wird - im Sinne von Heideggers Argumentation - durch die "große Transkription" umso deutlicher konturierbar. Ähnliches gilt für das Wesen universitärer Lehre angesichts ihrer Absorption durch umfassende "Digitalisierung."

"Es wird Zeit die Technik und nicht ihren Einsatz zu betrachten"⁸⁸ (eine mediensoziologische Perspektive)

Kommt mit der aktuellen „Digitalisierung“ aus gegebenem Anlaß etwas zum Durchbruch, wofür als Medienbotschaft (im Sinne McLuhans) längst schon der Boden kultiviert war? Eine ganze *social media*-Generation war durch den globalen Einsatz der Universalen Turingmaschine (konkretisiert in Smartphones) längst hinsichtlich der Einverleibung digitaler Datenströme „massiert“ (erneut McLuhan).

Der Soziologe Armin Nassehi deutet in seinem Buch *Muster* bereits die Gesellschaft im 19. Jahrhundert als eine "digitale" (und damit auch die Soziologie 4.0 als eine Methode seines Fachs⁸⁹, wie sie Gabriel Tarde mit seinem statistischen Ansatz bereits im 19. Jahrhundert begründete): "Diese habe sich durch eine steigende Komplexität und Urbanisierung entwickelt, was dazu führte, dass man sich auf vorherige, analoge Wahrnehmungsformen nicht mehr verlassen konnte."⁹⁰ An deren Stelle trat die Sozialstatistik. Doch die Turingmaschine, die solche Statistik überhaupt erst massenhaft zu berechnen ermöglicht, entsprang keinem

88 Nassehi in Anlehnung an die Science & Technology Studies und den französischen Soziologen Dominique Cardon, der sich seinerseits auf Gilbert Simondons Techniksoziologie bezieht. "Soziologe Armin Nassehi über Digitalisierung 'Dritte Entdeckung der Gesellschaft'", Begleittext zur Sendung Breitband (Beitrag vom 24. August 2019: Vera Linß und Marcus Richter im Gespräch mit Armin Nassehi) im Deutschlandradio, https://www.deutschlandfunkkultur.de/soziologe-armin-nassehi-ueber-digitalisierung-dritte.1264.de.html?dram:article_id=457185, Abruf 17. Juli 2020. Siehe Armin Nassehi, *Theorie der digitalen Gesellschaft*, München (C. H. Beck) 2019, 15

89 Siehe Sabine Maasen | Jan-Hendrik Passoth (Hg.), *Soziologie des Digitalen – Digitale Soziologie?* Sonderband 23 von: *Social Welt*. Zeitschrift für sozialwissenschaftliche Forschung, Baden-Baden (Nomos) 2020

90 "Soziologe Armin Nassehi über Digitalisierung 'Dritte Entdeckung der Gesellschaft'", Begleittext zur Sendung Breitband (Beitrag vom 24. August 2019: Vera Linß und Marcus Richter im Gespräch mit Armin Nassehi) im Deutschlandradio, https://www.deutschlandfunkkultur.de/soziologe-armin-nassehi-ueber-digitalisierung-dritte.1264.de.html?dram:article_id=457185, Abruf 17. Juli 2020, über: Armin Nassehi, *Muster. Theorie der digitalen Gesellschaft*, München (C. H. Beck) 2019

gesellschaftlichen Bedürfnis, sondern metamathematischen Grundlagenfragen. Die "digitale Gesellschaft" (respektive ihre "digitale" Analyse) als Hochzeit von Computer und menschlicher Gemeinschaft ist eine kontingente Konfiguration.

Für eine wirklich medienarchäologische Analyse der aktuellen "Digitalisierung", welche den Computers als Subjekt und Objekt derselben mit einbezieht, stellt sich damit die zentrale Frage nach dem Verhältnis von Hard- und Software.⁹¹ Zählt angesichts einer weitgehend standardisierten Hardware nur noch Software, mit Konsequenzen für den Fokus von Medienwissenschaft als „Software Studies“ (Manovich)?

"With cyber attacks rising in both importance and volume every year, it is paramount to ensure that deployed code is free of known problems and audited for possible software problems, including interactions between software and hardware components", heißt es in einem Call for Papers für das Themenheft "Models and Algorithms in Cybersecurity" der Zeitschrift *Mathematics*⁹² - als ob nicht jede Implementierung von symbolischem Quellcode in operativen Computern bereits selbst eine Interaktion beider Regime darstellt. Software ist keine Abstraktion von Hardwareprogrammierung, sondern lediglich deren symbolische Radikalisierung.

Auf den ersten Blick sind Algorithmen reine Produkte des mathematischen Geistes und damit vollständig logisch nachvollziehbar. Doch verkörpert in rechenfähiger Materie, und in Kombination mit "big data", zeitigen sie indes unvorhersagbares Verhalten. Die Undurchschaubarkeit der Algorithmen ist gewissermaßen ein Sekundäreffekt der allumfassenden "Digitalisierung" von Umwelt.

Die Algorithmisierung des Sozialen ist keine Antwort auf ein gesellschaftliches Bedürfnis, sondern einer technomathematischen Affordanz.⁹³ Im Unterschied zu bereits vorweg geprägten Stereotypen, nach denen Menschen eingeschätzt werden, werden in durch algorithmische Durchmusterung von *big data* aus Sozialen Medien "auf einmal Dinge sichtbar [...], die vorher gar nicht in den Gedanken der Gesellschaft vorkamen. Als Beleg dafür, dass die Schublade, in die man von Algorithmen gesteckt wird, tatsächlich funktionieren, nennt Nassehi "personalisierte" Werbung. Diese könne schließlich nur erfolgreich sein,

91 Klassisch dazu Friedrich Kittler, Es gibt keine Software, in: ders., *Draculas Vermächtnis*. Technische Schriften, Leipzig (Reclam) 1993, 225-242

92 Elektronische Kommunikation jjaylyn139@gmail.com vom 20. Juni 2022

93 Siehe Louisa Amoore / Volha Piotukh (Hg.), *Algorithmic Life. Calculative devices in the age of big data*, New York (Routledge) 2016

wenn der Mensch tatsächlich vorhersehbaren Mustern folgen würde" (ebd.).⁹⁴

Nassehi beklagt im soziologischen (nicht medienarchäologischen) Sinne, dass die bisherige kritische Auseinandersetzung mit der Digitalisierung zu kurz greife. "Momentan sei Kritik zu sehr auf die Interessen von Medien und Unternehmen fokussiert und man müsse öfter fragen, was die eigentliche Technologie fordert und weshalb sie damit erfolgreich sei" (ebd.).

Mit der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO), so Nassehi, seien zwar rechtliche Regulierungen geschaffen worden, die den Nutzern am Smartphone aufzeigen, wie Apps mit ihren Daten verfahren. Doch gegenüber dieser diskursiven Besänftigung ist damit noch kein Einblick in die Black Box gegeben; vielmehr re(a)giert und reguliert (kybernetisch) weiterhin die symbolische Maschine: "[D]ie Technik, die es möglich macht so viele Daten zu sammeln, ist immer noch dieselbe."⁹⁵

Das Verschwinden der technisch konkreten *digitization* hinter dem Diskurs der *digitalization*. Eine kritische Hinterfragung des Begriffs

Thema dieser Ausführungen ist nicht das „Digitale“ an und für sich, ebensowenig die epistemische Unterscheidung von „analog“ und „digital“; vielmehr widmen sie sich einer konkreten Szene in der Dramaturgie technischer Medien, nämlich der Übersetzung von „Welt“ (im Sinne Heideggers) in den computerrechenbaren Code.

Medienarchäologische Analyse steht für den Versuch, aus der Diskursanalyse der ubiquitären "Digitalisierung" *im Krebsgang* auf ihre sowohl technischen wie logischen Bedingungen zurückzukommen.

Beginnen wir mit dem *lógos*. Konkret verlangt dies – im medienphilosophischen Sinne – eine beharrliche „Arbeit am Begriff“ (Hegel) der "Digitalisierung". Diese Begriffsarbeit trennt zunächst scharf zwischen Digitalisierung und Analog-zu-Digital-Wandlung. Ausgerechnet die Welt der Medienökonomie weist darauf hin: „[D]igitalization is often misinterpreted and misapplied to digitization. [...] Disambiguating these concepts is not just a semantic exercise, it is an exercise in grasping the full transformative potential of a digital mindset and strategy. [...] At the core is the argument that digitalization cannot occur without digitization. Digitization is the conversion of analog to digital, whereas digitalization is

94 Siehe auch Jonathan Roberge / Robert Seyfert, *Algorithmenkulturen. Über die rechnerische Konstruktion der Wirklichkeit*, Bielefeld (transcript) 2017

95 Breitband a. a. O.

the use of digital technologies and digitized data to impact how work gets done, transform how customers and companies engage and interact, and create new (digital) revenue streams."⁹⁶ Was hier für digitale Formen der Generierung von Einkommen angesprochen wird, gilt auch für Wissensströme: "[D]igitalization is a strategy or process that goes beyond the implementation of technology" (ebd.). Aufgabe von Medientheorie ist in der Tat im philosophischen Sinn eine harte „Arbeit am Begriff“ (G. W. F. Hegel). "When one considers that 'digital transformation' once referred to 'digitization' and 'digitalization' was once called 'computerization,' nomenclature matters when discussing phenomena where the terminology changes as fast as the technology does."⁹⁷

Hinzu kommt neben die *digitization* als "process of making information available and accessible in a digital format" als maschinenlesbares Form (denn Digitalisierung meint die Anpassung der menschengemachten Kultur an die Maschine) und die *digitalization* als "process of considering how best to apply digitized information to simplify specific operations" gar noch die *digital transformation* als Bezeichnung für einen allgemeinen digitalen Wandel (im Unterschied zum technischen Agenten des digitalen A / D - Wandlers) im Sinne des "process of devising new business applications that integrate all the digital data and digitalized applications". Mit dem letzten Schritt sind also: Algorithmen, und neuerdings Künstliche Neuronale Netze, gemeint.⁹⁸

Auch die Forschungsabteilung der Nationalbibliothek von Norwegen in Oslo wurde inzwischen beauftragt, die Begriffs- und Praxisgeschichte (oder besser: Archäographie) ihrer "Digitalisierung" zu verfassen. Von dort kommentiert der als Medienwissenschaftler vertraute Eivind Røssaak: "On the one hand one could say 'digitization' addresses key issues within media archaeology. According to my scans of the" seinerseits "digital archive at our library" - also volltextdurchsuchbar -, "'digitization' as a term first appears in Norway in 1945 in connection

⁹⁶ Colleen Chapco-Wade, Digitization, Digitalization, and Digital Transformation: What's the Difference?, <https://medium.com/@colleenchapco/digitization-digitalization-and-digital-transformation-whats-the-difference-eff1d002fbdf>, Zugriff 19. April 2020. Siehe auch Jan C. Rode, Digitization + Digitalization = Digitalisierung, Eintrag vom 13. März 2018 auf der Webseite Der Medienlotse, <https://www.der-medienlotse.de/2018/03/13/digitization-und-digitalization-was-ist-was>, Abruf 11. März 2021; das Photo zum Artikel zeigt bemerkenswerterweise die Analyse diskreter Signalflüsse am Oszilloskop

⁹⁷ Chapco-Wade ebd.

⁹⁸ Für eine graphische Darstellung dieser drei Qualitäten siehe <https://thedigitalization.wordpress.com/2018/10/14/digital-in-business>, Abruf 25. März 2021

with the medical use of EKG (electro cardiogramme), and in the late 1950s in connection with telemetry (mostly in connection with the measurement of landscapes), both times as a signal conversion issue" [...] On the other hand, "digitalization" deals with broader ramifications ["Verzweigungen"], one could almost say it addresses 'technogenesis' (Stiegler)."⁹⁹

Digitization meint also das konkrete nondiskursive technologische Ereignis der Analog-Digital-Wandlung, während *digitalization* die umfassende algorithmische Datenprozessierung der Welt, mithin: eine Diskurspraxis meint.

Dissimulation des Digitalen: Die Unsichtbarkeit des A / D-Umsetzers

Das Poster des bereits genannten Online-Symposiums vom November 2020 zum Thema *Musical Education in the Digital Age* diagnostizierte unter Anderem: "Digitisation has thoroughly permeated every sector of society and our lives; it is no longer merely about technical applications, as it equally relates to cultural phenomena and practices." Angespielt wird damit auf den Begriff des "Post-Digitalen", der eben nicht eine Epoche *nach* digitalen Technologien bezeichnet, sondern den Moment, wo Praktiken des Digitalen so selbstverständlich (und damit technisch wie diskursiv unsichtbar) geworden sind, dass sie nicht mehr kritisch, ästhetisch, oder philosophisch (medienepistemisch) bewußt als "digitale" Besonderheit reflektiert werden. Das Postdigitale erlaubt einen wortspielerischen Rekurs auf die Finger (lat. *digitus*) an der Hand. Waren Kulturtechniken noch "zuhanden" (Heideggers "Zeug") respektive an den buchstäblich handelnden Menschen (den performativen Menschenkörper, besonders die Menschenhände) gebunden, etwa im Akt des Zählens (der mittelalterliche *computus*¹⁰⁰, so verschwindet das Zählen im Postdigitalen im Innern des Computers, gänzlich verborgen hinter dem Interface etwa eines Smartphone. Die Hand "wischt" hier buchstäblich darüber hinweg.

So trat bislang noch jedes neue technische Medium - wie etwa der Buchdruck in der frühen Neuzeit - nach einer Phase der aufgeregten Neuigkeit, der irritierenden Überraschung und der daher bewußt kritischen Reflexion allmählich in die Epoche der Alltäglichkeit. Die Einführung der vokalphabetischen Schrift wurde in Platons Dialog *Phaidros* zunächst noch bewußt als (Kultur-)Technik begriffen, bevor sie

99 Elektronische Post Eivind Rossaak, 16. November 2020

100 Dazu Arno Borst, *Computus. Zeit und Zahl in der Geschichte Europas* [1990], 3., durchgesehene und erw. Aufl. Berlin (Wagenbach) 2004, sowie Horst Wenzel, *Von der Gotteshand zum Datenhandschuh: zur Medialität des Begreifens*, in: Sybille Krämer / Horst Bredekamp (eds.), *Bild - Schrift - Zahl*, Munich (Fink) 2003, 25-56

für spätere Generationen zu einer nahezu selbstverständlichen Tätigkeit im kulturellen Unbewussten verinnerlicht wurde.¹⁰¹ Im Gegensatz zur altgriechischen Antike hat sich die "Technologisierung des Wortes" (Ong 1987) - der alphanumerische Code als *Technólogos* im pragmatischen Sinn - indes durch den mechanischen Buchdruck von der menschlichen Handhabung (als Handschrift) gelöst und versinkt inzwischen vollends auf die "Unterfläche(Frieder Nake) des Computers diesseits der Interfaces. Hat die ausdrückliche Setzung einzelner Buchstaben für die Vokale die Musikalität der gesprochenen Sprache im Aufschreibesystem Alphabet zu fixieren gesucht, verstummt diese im alphanumerischen Code radikal. Neben die primäre Schrift (die Tastatur) tritt eine sekundäre Schrift (der Quellcode).

Gilt das post-digitale, zunächst für den Audiobereich diagnostizierte¹⁰² "Verschwinden" des Digitalen auch innertechnisch? Und kann das verschwundene Digitale durch Öffnen der Black Box - sei es als Hardware, sei als Quellcode von Software - wiedergefunden werden? In medienarchäologischer Analyse wird das "Post-Digitale" technisch konkret:

Angesichts eines geöffneten USB-Audiointerfaces stellte sich die Frage, ob sich der darin verbaute Analog-Digital-Umsetzer identifizieren läßt, der analoge akustische Signale in digitale Impulse wandelt. Das Resultat dieser medienarchäologischer Spurensuche lautete auf den ersten Blick: "[I]eider bisher ohne Erfolg"¹⁰³. Buchstäblich medientheoretisch - denn *theoría* meint in der altgriechischen Antike das bewußt reflektierte Schauen - stellt sich hier die Frage, ob wir das Medium sehen, wenn wir seine technische Verkörperung betrachten. Dies betrifft den Unterschied zwischen Anblick und Einsicht, oder aber: Betrachtung und Wissen (ein Wort, das sich im Deutschen seinerseits vom lateinischen Partizip Perfekt *visum* ableitet). Was wir an der Hardware elektronischer Konfigurationen nicht sehen, ist ihr eigentlicher Medienmoment respektive das Momentum des Mediums, das sich erst *im Signalvollzug* offenbart. Ist A/D-Wandlung ein elektrophysikalisches, oder nicht vielmehr ein logisches Ding? Bedarf also das technisch Sichtbare des abstrakten Diagramms, um überhaupt erst anschaulich zu werden? Was sich in dieser technischen Anatomie zu erkennen ist in medienästhetisch brisant: der sich selbst verbergende A/D-Umsetzer. "Digitalisierung" erweist sich geradezu als Tarnkappe oder *dissimulatio artis* (das "Verbergen der Kunst" in der klassischen Rhetorik-Lehre) als Äquivalent zur "(Un-)Zeit" des Digitalen.

101 Dazu Walter Ong, *Oralität und Literalität. Die Technologisierung des Wortes*, Opladen (Westdt. Verl.) 1987, 84

102 Kim Cascone, *The Aesthetics of Failure. 'Post-Digital' Tendencies in Contemporary Computer Music*, in: *Computer Music Journal*, Bd. 24, Heft 4 (Winter 2000), 12-18

103 *Elektronische Post* von Thomas Fecker, 1. Dezember 2020

[Camouflagen des Digitalen; So verschwindet auch in einer Vielzahl von Medienkunst-Installationen die digitale Zwischenberechnung zugunsten des optischen (und / oder akustischen) Interface-Effekts - wo doch der Algorithmus der eigentliche Agent ist, der Kunst und Wissenschaft miteinander in Bezug setzt.]

In der medienarchäologischen Inkubationsphase der Digitalisierung machten Diskussionen über Prozessortakte, Speichergrößen und Übertragungsraten noch das Medium selbst zur Botschaft. Doch im aktuellen „Überfluss ihrer technischen und ökonomischen Verfügbarkeit“ als Konsequenz von Moore's Law resultieren diese Parameter längst in einem „unaufgeregten täglichen Umgang mit Ressourcen“¹⁰⁴. Damit einher geht eine Dissimulation der Technomathematik des Digitalen, wie sie sich in Deklarationen wie dem Zeitalter des "Post-Digitalen" (Negroponte) ausdrückt. Die „Phänomenologie des Digitalen, ehemals von Zahlenreihen auf Grünmonitoren, gepixelten Graphiken, von Artefakten wie Aliasing, Moiré, Quantisierungsrauschen, den Bächlein des Satzsetzes und dem Sonderzeichenmassaker von 7-Bit- ASCII geprägt, hat sich verändert. Ihre Oberflächen verraten nichts mehr von den ‚darunterliegenden‘ Codes. Im Gegenteil, die Erscheinungsformen der alten analogen und digitalen Medien werden gleich mitsimuliert. Das Bildwackeln und -rauschen des Super-8-Films, Vinylknistern, SID-Chip und alter 8-bit-Sampler, all' dies steht im Effekte-Menu bereit" (ebd.). Doch noch viel grundsätzlicher (d. h. signalnäher) ist die Unterscheidung von "analog" und "digital" alles Andere als natur- oder technikgegeben, und ebensowenig die vielmehr metaphysische Unterstellung des "Analogen" als des Eigentlichen (in) der Welt. "Analog" heißen technische Bilder überhaupt erst im Nachhinein ihrer Prozessierung als Digitalisat, also *ex negativo* (um hier einen photochemisch zugleich naheliegenden Begriff zu wählen). Unterschieden werden - höchst anthropozentrisch - vielmehr Bilder, die Menschengenossen optisch unmittelbar zugänglich sind, von solchen, die erst durch das Dazwischentreten eines Mechanismus überhaupt erst wieder als "Bild" auf Sichtfenstern erscheinen können.¹⁰⁵

Selbst die medienhistorische Quellenkritik - deren Gegenstück im hiesigen Fach die "Medienphilologie" darstellt - macht inzwischen auf den Unterschied von "digitalisiert" und "genuin digital" aufmerksam. So heißt es etwa in einem Eintrag zu Computerspielen wie PONG als

104 *Call for Participation* zur Tagung "analog digital. Kunst und Wissenschaft zwischen Messen und Zählen" (HyperKult 12) der Fachgruppe "Computer als Medium" im Fachbereich "Informatik und Gesellschaft" der Gesellschaft für Informatik, Rechenzentrum Universität Lüneburg, 24.-26. Juli 2003

105 Siehe auch Dirk Baumbach, Vorteile der Analogfotografie, <https://www.fotografen-welt.de/fototipps/vorteile-der-analog-fotografie>, Abruf März 2021

überlieferungswerter historische Quelle: "Im Gegensatz zu Digitalisaten weisen viele digitale Medien überhaupt keine 'materielle' Form abseits von Datenträgern mehr auf."¹⁰⁶ Nachdem das Arcade-Spiel Pong 1972 von Atari noch als realer Schaltkreis entwickelt wurde, steht es heute in Form zahlreicher Emulatoren zur Verfügung. Geht mit dieser Aufhebung einer materiellen Computerspielkonsole in einem Digitalisat der Begriff des "Originals" verloren, oder stellt er sich - in Aktualisierung von Walter Benjamins Thesen zum "Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit" (1936) schlicht neu? Die kulturelle Semantik hinkt hier der technologischen Einsicht schon hinterher; so kommentiert der genannte Historikertext in einer Fußnote, Emulatoren seien "zwar keine Originale, können aber als eine Art Faksimile gelten, was ihre Verwendung als Quellen aber problembehafteter erscheinen lässt" (489).

Der Arbeit *am* Begriff der "Digitalisierung" steht mit wachsender Software-*agency* das Theorem einer Arbeit *des* Begriffs entgegen, im Sinne eines autonomen *Technólogos*.

TECHNIKNAHE ARCHÄOGRAPHIE DER DIGITALISIERUNG

Nun auch maschinenseitig: Die Lesbarkeit des Digitalen

Was gemeinhin Digitalisierung heißt, meint eigentlich die binäre Kodierung reellwertiger, also stetiger Signale. Ihr Verfahren ist das technische (nicht ästhetische) Sampling, und ihr konkreter Ort ist der A/D-Wandler. Der Autor eines entsprechenden Fachbuchs betont im „Vorwort“ den medienepistemischen Kern, der eine Vertiefung verdient: dass nämlich „vor dem Einsatz eines Mikroprozessors [...] die Aufbereitung der Information steht.“¹⁰⁷ Denn dem „Wandler“ vorgeschaltet ist das Sample-and-Hold-Modul der technischen Sensoren. Zum Anderen, wird durch "die unaufhaltsame Verbilligung integrierter Digitalschaltungen die Schnittstelle zwischen analoger und digitaler Schaltungstechnik mitten in den Umsetzer selbst verlegt" (ebd.).

Für das Alphabet der Digitalisierung, welches nur noch zwei diskrete Elemente umfaßt, ist Shannons nachrichtentechnische Theorie der Informationsverarbeitung entscheidend, sowie deren algorithmische Prozessierung (*alias* „Software“ oder gar „Apps“). Der Eintrag „digitize“ im Glossar zum Buch von Edward B. Magrab sowie Donald S. Blomquist

106 Kai Matuszkiewicz, Geschichte als Ping-Pong-Spiel? Das Computerspiel *Pong* als mentalitätshistorische Quelle, in: Maria Rhode / Ernst Wawra (Hg.), Quellenanalyse. Ein epochenübergreifendes Handbuch für das Geschichtsstudium, Paderborn (Schöningh) 2020, 486-492 (487)

107 Dieter Seitzer, Elektronische Analog-Digital-Umsetzer. Verfahren, Bauelemente, Beispiele, Berlin / Heidelberg (Springer) 1977, IV

The Measurement of Time-Varying Phenomena definiert „To render an analog measurement into digital form.“¹⁰⁸

Digitalisierung meint medienepistemisch brutal, dass nicht mehr allein Menschen Alphabete lesen, sondern diese maschinenlesbar gemacht werden, als eine Deligierung der Leserschaft an den Computer. In der auf die konkrete Technik der Digitalisierung folgenden Symbolisierung erfolgt eine Rekursion des Alphabets und die Verzifferung der Welt im alphanumerischen Code.

Das Glossar zu Bruce M. Owens *The Internet Challenge to Television* definiert im Eintrag „Digital“: „A function that operates in discrete steps, such as ‚on‘ and ‚off‘. Because the physical world is continuous, such representations are approximations“, etwa „optical [...] signals that change in frequency, polarity, or amplitude“¹⁰⁹ - etwa die optischen Telegraphie.

Tatsächlich waren die ersten vollelektronischen Bit-Speicher – die Flipflops – auf Doppeltriodenbasis realisiert. Solche Vakuumelektronenröhren stehen noch in direkter Filiation der Edisonschen Glühbirne, bevor die dann erst durch diskrete Halbleiter (Transistoren), dann durch vollständig integrierte Schaltungen (Mikrochips) ersetzt wurden. Während dies technisch-materiell völlig verschiedene Verkörperungen darstellt, bleibt dabei das funktionale (techno-logische) Prinzip der binären Verschaltung erhalten – als medienarchäologische Bifurkationen des gleichursprünglichen "Digitalen".

Exkurs zu Leibniz' Dyadik: Von der Entfesselung der Symbole gegenüber der Theologie

Buchstäblich gelesen impliziert der Begriff analoger Signale als "time-varYING phenomena" bereits ihre "Digitalisierung", nämlich die komplementären Figuren von Yin und Yang im altchinesischen *Buch der Wandlungen (I Ging)*, das in Form von acht Trigrammen aus binären Zeichen die Zukunft zu erschließen sucht und zugleich an die kombinatorische Papiermaschine (die *Ars Magna*) von Raimundus Llullus erinnert. Geradezu telegraphisch wird hier Yin durch zwei kurze Striche, Yang durch einen langen Strich verkörpert; insofern aber beide Zeichen noch heftig semantisiert werden, erreichen sie nicht die formale Blödigkeit (Lacans *alphabétise*) und damit Effizienz der symbolischen Maschine. Dennoch können die beiden Linien als Elemente eines Dualsystems zur Zahlendarstellung gesehen respektive gelesen oder

108 New York et al. (Wiley) 1971: 309

109 Cambridge, Mass. et al. (Harvard UP) 2000: 343

dekodiert werden.¹¹⁰ Gottfried Wilhelm Leibniz erfuhr 1701 von dieser diagrammatischen Operation (konkret 64 Hexagramme) durch seinen Briefverkehr mit dem Jesuiten Joachim Bouvet in China und hat und dies sofort auf die binären Ziffern "Null" und "Eins" als Grundlage der Berechenbarkeit der Schöpfung bezogen.¹¹¹ Leibniz "glaubte, seine Erfindung des binären Zahlensystems in dem Text vorweggenommen zu sehen und schloss daraus (fälschlicherweise) auf eine hochentwickelte altchinesische Mathematik" (ebd.). Mit der Realisierung (Objektivierung) eines theologischen Dualismus als Rechenmaschine hat Leibniz das Digitale entmetaphysifiziert - der ganze Unterschied sonstiger globaler Hochkulturen zum neuzeitlichen *take off* in Europa. Inzwischen sind die 64 Hexagramme längst im Unicode-Zeichensatz des Computers enthalten.

Die technisch konkrete Szene der Digitalisierung: der Analog-zu-Digital-Wandler

Bereits der schiere Begriff der "Digitalisierung" unterstellt eine analoge Welt als die ursprünglichere. Für die hörbare Welt gilt die akustische *wave form* als gegeben, die erst durch technische Wandler digitalisiert wird. Doch diese Vorstellung - so diese These der emphatischen Medientheorie - wird überhaupt erst durch Messmedien gegeben und erweist sich ansonsten als Metaphysik. Erst technische Medien »definieren, was wirklich ist« Norbert Bolz, zitiert in: Kittler 1986: 10), weshalb bis zum technologischen Moment der "eigentlichen Messung - und ihrer Repräsentation - davon ausgegangen werden muss, dass ein jedes sonisches Signal kontinuierlich und diskontinuierlich zugleich ist."¹¹² Dies lässt sich konkret anhand einer medienarchäologischen und zeitkritischen Analyse des Sigma-Delta Analog-Digital-Converters konkretisieren - als Konkretisierung im Sinne Simondons (1958). Eine solchermaßen formulierte Annäherung an den Begriff des "Signals" konvergiert mit dem zentralen Anliegen der vorliegenden Ausführungen. Auch wenn diese sich in Form diverser "Exkurse" und "Medienwochenschauen" bisweilen dazu verführen ließen, statt der medienarchäologischen Forderung nach präziser technologischer Analyse der sogenannten "Digitalisierung" vielmehr deren diskursive Effekte zu

110 Siehe https://de.wikipedia.org/wiki/I_Ging, Abruf 19. März 2021

111 Siehe Gottfried Wilhelm Leibniz, Brief an den Herzog von Braunschweig-Wolfenbüttel Rudolph August, 2. Januar 1697; https://www.hs-augsburg.de/~harsch/germanica/Chronologie/17Jh/Leibniz/lei_bina.html, Abruf 19. März 2021

112 David Friedrich, The Duality of Sound. Eine medienwissenschaftliche Zeitkritik des sonischen Signalwesens, Vortrag im Rahmen des Forschungskolloquiums Medien, die wir meinen, Humboldt-Universität zu Berlin (Medienwissenschaft, Medientheater), 17. Februar 2021, "Abstract". Dazu demnächst seine gleichnamige Masterarbeit.

kommentieren, kommen sie hiermit zu ihrem Kernanliegen zurück - als Versuch, den *Technológos* der "Digitalisierung" zu vernehmen.

Die Unterscheidung von (englisch) *digitizing* und *digitization*. ist damit erneut aufgerufen. Im Unterschied zu *genuin* „digitalen“, also aus reiner Berechnung resultierenden Operationsweisen des Computers meint „Digitalisierung“ zunächst die Übersetzung einer bislang welthaftigen physikalischen Realität in die Maschinerie der Berechenbarkeit.

Menschen ist diese analog-zu-digital-Übersetzung, die den operativen Kern von computing bildet, bereits von den Szenen ihrer *performativen* Kommunikation mit Computern wohlvertraut, denn die Bedingung der "Symbiose" von Mensch und Maschine (Licklider 1960) ist neben der bereits alphabetisch zum diskreten Verhalten disziplinierenden Tastatur ein wohlvertrautes analog-zu-digital wandelndes Interface, die klassische Computermouse. Ein öffnender Einblick in dieses Gerät verrät sogleich die Funktionen einer optomechanischen "Maus", die in der "Zeit des Weltbildes" (Heidegger), nämlich der analytischen Geometrie gründet, hier aber zur medientechnischen Synthese umschlägt. Das Bewegen der Maus erzeugt zunächst eine Drehung der Kugel. Damit verbundene "X- und Y-Achsen übernehmen den jeweiligen Anteil der Bewegung"; konkret werden damit etwa Lochscheiben gedreht. "Infrarot-LEDs leuchten durch die Lochscheiben. Sensoren empfangen Lichtpulse, die in X- und Y-Geschwindigkeiten umgesetzt werden."¹¹³

Was ist hieran konkret "analog", und was überhaupt noch "digital"? Die aus der Nachrichten- und Kommunikationstechnik stammende Unterscheidung von „analog“ und „digital“ stellt symbolisch divergierende Formen ein und derselben physikalisch realen Signalverarbeitung dar. Sie machen einen entscheidenden (buchstäblich "diskriminierenden") Unterschied im konzeptuellen Sinne, stellen aber aus technischer Perspektive lediglich gegenseitige Extremwerte dar.

[Tatsächlich definiert der Eintrag "Diskriminierung" im *Lexikon der Kybernetik* die Fähigkeit eines Organismus, zwei "Reizgegebenheiten" - mithin Signale - hinreichend zu unterscheiden.¹¹⁴ Entscheidend ist hier eine Unterschiedsschwelle, vertraut aus den Neuronen des menschlichen Gehirns. Im Sinne Spencer-Browns ist das "Digitale" eine *operative* - und mithin auch zeitkritische - Markierung, die eine Differenz (ein Delta) erzeugt.]

Radikal medienarchäologische Analyse konzentriert sich weniger auf performativen Interfaces, also die menschenkörperbezogene

113 [https://de.wikipedia.org/wiki/Maus_\(Computer\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Maus_(Computer)), Abruf 10. Februar 2021

114 *Lexikon der Kybernetik*, hg. v. A. Müller, Quickborn (Schnelle) 1964, 35

Phänomenologie der Medien, sondern auf die *operative* innertechnische Realität. Je genauer der konkrete Schauplatz des A/D-Wandlers betrachtet wird, desto mehr erweist sich die sogenannte "Digitalisierung" als Metaphysik: als idealistische Verkennung materialer Medienphysik zugunsten der Ideenzahlen von "Null" und "Eins". Der Begriff der "Digitalisierung" privilegiert *einseitig* eine Operation, die nur ideell eine "digitale" ist, aber in ihren diversen technischen Praktiken in vielfältigen Hybridisierungen des "Analogen" und des "Digitalen" resultiert. Um aus der - für technische Beschreibungen grundsätzlich zuverlässigen - Wikipedia zum Eintrag "Delta-Sigma-Modulation" "die Situation für einen Analog-Digital-Umsetzer zu zitieren:

"Das Ausgangssignal der Rückkopplungsschleife (1-Bit-Signal) wird von einem Digitalfilter verarbeitet, welches durch seinen Aufbau die Wortbreite und durch die Dezimierung [...] die Abtastrate der PCM-Daten vorgibt. Das 1-Bit-Signal hingegen wird für den analogen Vergleich (hierbei ist der Quantisierer ein Komparator) am Eingang in ein Analogsignal umgewandelt. (Wobei umwandeln etwas hochtrabend klingt - es wird ja durch den 1-Bit-DAC lediglich zwischen zwei Spannungen umgeschaltet.)" Die medienepistemische Emphase wird hier technisch wieder auf den Boden geholt. Mehr noch: "Am zugrundeliegenden Prinzip ändert sich nichts, wenn statt des Digitalfilters ein Analogfilter benutzt wird und am Eingang digitale PCM-Signale durch einen digitalen Vergleich verarbeitet werden - obwohl nun ein Digital-Analog-Umsetzer vorliegt. Entsprechend sind alle vier Kombinationen von Analog- und Digital-Eingang und -Ausgang denkbar."¹¹⁵

Radikale Medienarchäologie präzisiert Michel Foucaults wissensarchäologische Diskursanalysen dahingehend, dass sie zum Zwecke einer präziseren Lagebestimmung seine Aussagen ebenso technisch wie logisch „erdet“ und in einer doppelten Aufmerksamkeit den konkreten Schauplatz sowie die Begriffe identifiziert, wo diese Medienaussage getätigt wird: das elektrotechnische Modul (die Baugruppe) der analog-zu-digital-Wandlung. Gegenüber einer bloß kontemplativen oder theoretischen Distanz zur „Digitalisierung“ plädiert operative Medienarchäologie für eine technologische Analyse *aus dem Inneren der Apparate selbst*. "Um das Wesen analoger und digitaler Schaltungen und Signale aufzuspüren und zu vergleichen, ist das Innere eines Analog-Digital-Wandlers ein lohnender Ort", heißt es im Beitrag von Henry Westphal zum Band *Archäographien*: "Vom Messen und Zählen. Wie 'Analog' durch Mitkopplung zu 'Digital' wird" - und dies nicht in abstrakter Debatte, sondern konkret dargelegt anhand des Fairchild Multimeter 7000 aus dem Jahre 1969.¹¹⁶

115 <https://de.wikipedia.org/wiki/Delta-Sigma-Modulation>, Abruf 13. Februar 2021

116 In: Moritz Hiller / Stefan Höltgen (Hg.), *Archäographien. Aspekte einer Radikalen Medienarchäologie*, Berlin (Schwabe Verlag) 2019, 101-114

Doch Achtung, ebenso relevant ist aus medientheoretischer Sicht die Begriffsverwendung selbst. Schon mit der Benennung des "A/D-Wandlers" ist medienarchäologische Analyse zur Begriffsschärfung aufgerufen. Dieter Seitzers Fachbuch von 1977 trägt den Titel *Elektronische Analog-Digital-Umsetzer*. Aus Sicht der Elektrotechnik (mithin der Elektronen selbst) mag der Begriff des Analog-Digital-Wandlers als „Umsetzer“, abgeleitet vom englischen Begriff des *converter*, tatsächlich „wesentlich passender“¹¹⁷ zu sein, insofern nicht die Energie, sondern lediglich die Signalform „gewandelt“ wird – womit auch das – mithin kulturmedienwissenschaftliche, oder auch wissenssemantische – Spiel mit dem liturgischen Begriff der „Transsubstantiation“ problematisch wird. Dies ist keine semantische Spitzfindigkeit: Findet in diesem A/D-Modul eine Wesenswandlung des welthaftigen Signals statt, oder lediglich dessen funktionale Dislokation? Für die prekäre Frage, welches Authentizitätsversprechen eine "digitalisierte" Computerwirklichkeit gegenüber der physikalischen Welt macht, oder ob mit "Digitalisierung" ein *Weltverlust* im Sinne Heideggers einhergeht, ist dies medienepistemisch entscheidend.

Die erkenntnisleitende Untersuchung der Mechanismen, „wie analog verstärkende Bauelemente dazu gebracht werden, digitale Zustände einzunehmen“, erinnert zunächst daran, dass es sich mit der "Digitalisierung" um einen Akt symbolischer Gewalt gegenüber dem Realen handelt. Die Klärung dieser Frage ist unabdingbar damit verbunden, "technisch im Detail an[zu]sehen, wie aus einem analogen ein digitales Signal entsteht"¹¹⁸.

Statt "Digitalisierung" ganzheitlich als mediensoziologisches Phänomen (den "Überbau") zu beschreiben (wie es in "den" publizistischen Medien bezeichnenderweise darin resultiert, bevorzugt Mediensoziologen zu befragen), geht Medienarchäologie radikal induktiv vor, um den Gegenstand wortwörtlich aus seiner Basis, dem mikrotechnischen Ereignis abzuleiten.

"Digitalisierung" meint zunächst nicht mehr und nicht weniger als die Weiterverarbeitung *analoger*, welthaltiger Signale zu binären Daten, deren technisches Wahrnehmungsorgan der Sensor ist. Die eigentliche Transformation geschieht mit Hilfe elektronischer Systeme wie dem Abtast- und Halteverstärker, die an sich zunächst indifferent gegenüber der Frage sind, ob es sich um "analoge" oder "digitale" Signale handelt; ihr Schwerpunkt liegt in der Erzeugung zeitdiskreter Spannungswerte für ein jeweiliges *sampling intervall*.

(102)

117 Elektronische Kommunikation Thomas Fecker, 8. Oktober 2020

118 Westphal 2019: 101

Der sogenannte A/D-Wandler lädt zunächst "mit einem der zu messenden Spannung proportionalen" - also buchstäblich *analog* "eingepprägten Strom einen Kondensator über eine exakt definierte Zeit auf." Die in diesem Kondensator letztendlich enthaltene Ladung "ist der zu messenden Spannung "exakter: deren Zeitintegral" - proportional.¹¹⁹ Diese Formulierung entspricht tatsächlich der Denk- und Funktionsweise des Analogcomputers - sozusagen die innertechnische Antithese der Digitalisierung selbst.

In der nachfolgenden Entladung nimmt die Spannung über dem Kondensator rampenförmig ab; die dabei verstreichende Zeit ist damit der zu messenden Spannung proportional. "Auch diese Zeit ist noch eine analoge Größe - sie ist unendlich fein abgestuft", also mitnichten bereits die "Zeit des Digitalen". Weiter Westphal: "Die tatsächlich nutzbare Auflösung ist nur durch das thermische Rauschen im vorgeschalteten Signalweg begrenzt."¹²⁰

Erst in Kopplung mit einem digitalen Zähler wird die Entladungszeit des Kondensators als zur messenden Eingangsspannung proportional *abzählbar* und damit "digitalzeitlich" im Sinne der aristotelischen Definition, derzufolge erst die zählende Messung "Zeit" überhaupt erst gewährt.

So bestehen etwa auch die Vielkanal-Analysatoren der Kernphysik "im wesentlichen aus einem Analog-Digital-Umsetzer, welcher die Ausgangsspannungen von Strahlungsdetektoren dual codiert und als Adressen zur Ansteuerung von Zählern benutzt, deren Zählerstand die Häufigkeitsverteilung als Funktion der Energie liefert."¹²¹ Verzeitlichung wird hier zur technisch funktionalen Operation, mithin also zu einer Un-Zeit. Mit dem Zähler als Bestandteil des Analog-Digital-Umsetzers¹²² wird die aristotelische Verschränkung von Zeit und Zahl technologisch konkret: "Das Ereignis 'Null erreicht' wirkt hierbei nicht unmittelbar" (ebd.), sondern das Zählen wird erst mit der auf dieses Ereignis folgenden Taktflanke gestoppt und ist damit mikrotemporal un-entschieden, also un-zeitlich im Sinne der tempor(e)alen Etymologie."

Achtung: Erst die "Abtastung mit dem Takt" erzeugt ein "digitales" Signal "in Form des Zählerstandes [...], das nur noch abzählbar viele Zustände einnehmen kann" (ebd.) und damit ein Zeitobjekt im Sinne der aristotelischen Definition bildet. Dies verweist auf die Diskussion um den ontologischen Status der "Zahl": Ist sie eine Funktion der Kulturtechnik des Zählens, oder ist sie eine platonische Vorgegebenheit?¹²³ "Das Signal, das das Ereignis 'Null erreicht' signalisiert, ist sozusagen 'halb digital'. Es

119 Westphal 2019: 103

120 Westphal 2019: 104

121 Seitzer 1977: 5

122 Dazu Seitzer 1977, Kapitel 5.5., 123 ff.

hat schon zwei diskrete mögliche Spannungs/pegel, ist aber noch zeitanalog."¹²⁴

Im Folgendem schlägt Westphals intransitive Beschreibung eines technischen Gegenstands (in der Tradition der Ekphrasis) in transitive Medienarchäographie um, nämlich als diagrammatischer Nachvollzug des Signalereignisses. Der Schaltungsteil zum Erzeugen dieses Signals wird so genau als möglich analysiert, "indem wir ihn Schritt für Schritt gedanklich aufbauen"¹²⁵ gleich einem Hardware-Algorithmus, aber als sogenanntes "Gedankenexperiment"¹²⁶.

Zweck einer *digitalisierenden* Schaltung ist es, einen undefinierten Pegel mit beliebigen Zwischenzuständen zwischen Low und High (die "time of non-reality" Norbert Wieners) dahingehend zu stabilisieren, dass er sich binär entscheidet, indem "der Verstärkerschaltung eine Rückkopplungsschleife hinzugefügt wird, die zur Mitkopplung wird"¹²⁷ - eine Kernfigur der Kybernetik ebenso wie der Programmierung (If / Then). "Man erkennt, dass die Schaltung nun den undefinierten Zwischenzustand an ihrem Ausgang selbständig innerhalb kürzester Zeit verlässt."¹²⁸ Ab diesem Moment ist die Rede vom "'digitale[n]' Verhalten" (ebd.), das vom Komparator zum Flipflop übergeht, resultierend in einem 1-Bit-Speicher.

["Komparatoren haben die Aufgabe, zwei Spannungen miteinander zu vergleichen. Sie werden demnach in Analog-Digital-Umsetzern eingesetzt, um eine zu messende Spannung einem von mehreren Bereichen zuzuordnen."¹²⁹]

"Wir haben jetzt nicht mehr den Anspruch, auf Spannungsänderungen im Sub-Millivolt-Bereich zu reagieren, sondern wollen nur noch digitale Pegel von mehreren Volt Spannungshub verarbeiten."¹³⁰ Doch bleibt es "vom Zufall abhängig, welchen Zustand ein Flipflop nach dem Zuschalten der Versorgungsspannung einnimmt"¹³¹ - weshalb gerade diese Schaltung auch als Zufallsgenerator verwendet wird.

Radikale Medienarchäologie läßt sich solche Formulierungen auf der Zunge (dem Artikulationsorgan des *lógos* als operativer Sprache)

¹²³ Siehe Bernhard Siegert, Zählen. Archäographie einer Kulturtechnik, in: Hiller and Höltgen 2019: 265-380

¹²⁴ Westphal 2019: 105 f.

¹²⁵ Westphal 2019: 106

¹²⁶ Dazu auch Barad 2007

¹²⁷ Westphal 2019: 107

¹²⁸ Westphal 2019: 109

¹²⁹ Seitzer 1977: 107

¹³⁰ Westphal 2019: 110

¹³¹ Westphal 2019: 111

zergehen, denn hier wird Jacques Lacans Deutung der *tyché* - mithin der primordiale Einbruch (oder Vorlauf) des Realen in die symbolische Ordnung - technisch konkret. Hiermit lässt sich nicht nur das Wunder, sondern ebenso die Wunde der "Digitalisierung" identifizieren.

Es handelt sich in der elektrotechnischen Wirklichkeit von "Digitalisierung" vielmehr um eine energetische Transformation denn um eine symbolische Transkription in ein anderes System. Manifest wird dies anhand des "Flipflop-Demonstrators", den eine Arbeitsgruppe um Henry Westphal (TIGRIS Elektronik, Berlin) an der Technischen Universität Berlin auf der Basis von Elektronenröhren realisiert hat - um darzustellen, "wie durch die Zusammenschaltung von analog arbeitenden Bauelementen eine digitale Schaltung, die nur noch diskrete Zustände annehmen kann, entsteht"¹³².

Das Digitale erweist sich in dieser konkreten Schaltung und ihrer Messung lediglich als Grenz- oder Extremwert des Analogenen. Der Umschlag von der "analogen" (weil stetig messbaren) Signalquantität in eine "digitale" Qualität ist lediglich ein kategorialer, d. h. eine andere mögliche Beschreibungsform dieser technischen Aussage. Das "Digitale" ist der Effekt einer lediglich symbolischen, also arbiträr und extern angetragenen Bestimmung respektive transkodierenden Entscheidung. Das Symbolische "wandelt" nicht das analoge Signal (im Sinne des A / D - Umsetzers), sondern imprägniert - oder moduliert - sein Reales lediglich.

Zweck der Flipflopschaltung ist es, "aus dem zuvor generierten, noch zeitanalogen Ausgangssignal der Nullpunkterkennungsschaltung ein zeitdiskretes, also 'echtes' Digitalsignal zu erzeugen"¹³³. Erneut ist das ZeitReal vorgängig, "wenn die Erkennung des Nullpunktes zufällig" - als(o) *tyché* - "zeitgleich mit dem Taktimpuls zur Zählung auftritt" (112), das Symbolische also mit dem Realen kontingent kommuniziert.

Die Mitkopplungsschleife wird dazu verwendet, "um diskrete Zustände in der Wert- und in der Zeitebene *zu erzwingen*" (114, Kursivierung W. E.).

Zwar ist die konkrete elektrotechnische Verwirklichung nur *eine* Variante im Rahmen einer logozentischen Intention namens "Digitalisierung"; unversehens aber zeitigt diese operative "Methode" (die Schaltung als buchstäblicher "Umweg") indes Eigenlogiken, Eigenzeiten und Lösungen von eigenständigem Erkenntniswert (*Technológos*).

132 Online-Eintrag der Projektgruppe "Historische Digitaltechnik" an der Technischen Universität, Berlin: "Flipflop-Demonstrator mit Trioden aus den 1920'er Jahren", https://www.emsp.tu-berlin.de/menue/studium_und_lehre/mixed_signal_baugruppen_alt/digitaltechnik_back_to_the_roots/flipflop_demonstrator_mit_trioden_aus_den_1920er_jahren

133 Westphal 2019: 112

Dies aber erschließt sich nicht im Makro-, sondern im Mikromedientheater. Hier tut wieder das genaue Hinsehen auf Technik not - *Medientheoría* im strengsten Sinne, auf die Kernszene im Verhältnis von Digitalcomputer und physikalischer Welt.

Exkurs: "Durch digitale Medienprozesse induzierte Irritationen menschlicher Wahrnehmung"

Folgende Diagnose liest sich wie eine Lagebestimmung des aktuellen Vorlesunsthemas: "Zu keinem anderen Zeitpunkt haben äußere Faktoren die globale Gesellschaft des 21. Jahrhunderts so beträchtlich *in Abhängigkeit von digitalen Medien gestürzt* wie die COVID-19-Pandemie"¹³⁴ seit dem Frühjahr 2020. Arbeit, Freizeit und Sozialleben fanden "in überwiegendem Maße in den zweidimensionalen Welten technisch erzeugter Wirklichkeiten auf mobilen Endgeräten statt" (ebd.). Von Seiten der Nutzer auf Seiten der Nutzer ist die Rede von "Störgefühlen, Jetlags, entglittener Gegenwart, einer gestörte Raum-Zeit-Wahrnehmung etc." (ebd.).

Das "Zweidimensionale" verweist darauf, dass digitale Kommunikation vorrangig von optischen Interfaces her erfahren wird. Doch entgegen dieser phänomenalen Reduktion hat das "Digitale" viele Dimensionen. Mit akustischer Signalverarbeitung kommt nicht nur die Tiefendimension hinzu, sondern mit Bewegtbildern ebenso die Zeitachse. Dies gilt für die elektrotechnische Verkörperung des "Digitalen" im materiellen Sinne; aus der mathematisch-algorithmischen Perspektive des Computers aber wird das "Digitale" auf n -Dimensionalität hin entgrenzt.

Die medienarchäologische Analyse des technischen Medienvorgangs unterscheidet sich hierbei von der medienphänomenologischen Frage nach der "Medialität" des Digitalen "als paradoxe Gleichzeitigkeit von Anwesenheit durch Abwesenheit" (Ehrles ebd.), die geradezu technotraumatisch erfahren wird. So wird das von Edmund Husserl einst identifizierte "innere" Zeitbewusstsein durch digitale Medien moduliert (um hier einen Fachbegriff aus der Nachrichtentechnik selbst zu übernehmen) . Technisch erzeugte Wirklichkeiten geraten in Widerspruch zum menschlichen Zeitempfinden. Für medienarchäologische Analyse resultiert daraus die Frage: wo findet "Zeit" in digitalen Technologien statt? Die literaturwissenschaftlich definierte Kategorie des narrativen

134 Aus dem *abstract* zur Vorstellung der Masterarbeit von Katharina Ehrles (Medienwissenschaft, Humboldt-Universität zu Berlin) Zeichen der Zeit: Störungen in und durch digitale Medienprozesse – eine phänomenologische Analyse verzögerter Gegenwart, vorgetragen im Forschungskolloquium *Medien, die wir meinen*, Medientheater, 24. Februar 2021

Chronotopos (Michail Bachtin) wird hier technologisch konkret. Das "innere Zeitbewusstsein" korreliert kaum noch mit den konkret *zeitigenden* innertechnischen Operationen. Was in der musikalischen Empfindung menscheinseitige Zeitwahrnehmung ist, ereignet sich im A / D-Wandler, also maschinenseitig, höchst andersartig und zeitkritisch. Und die dort möglichen Störungen in der Signalprozessierung verhalten sich asymmetrisch zu jenen techno-traumatischen Irritationen, die von den NutzerInnen "digitaler" Kommunikationsmedien erfahren werden.

Die Frage, "ob es Möglichkeiten gibt, unsere Gegenwart zu 'entstören'" (Ehrles ebd.), ruft die kommunikationstechnische Begründung zur Bevorzugung der Digitaltechnik gegenüber analogen Übertragungstechniken wach, war doch die Ent-Störung bereits Sinn und Zweck von Shannons "Digitalisierung" der Medienkanäle.

Von daher ist es auch Sinn und Zweck dieser Ausführungen, die medienanalytische Aufmerksamkeit von den phänomenologischen oder gar sozialen Effekten der sogenannten "Digitalisierung" hin auf ihren tatsächlichen technologischen Schauplatz hin zu lenken, denn Gegenstand medienwissenschaftlicher Analyse ist nicht "Medialität", sondern das konkrete materiale und geradezu mateReale Signalgeschehen. Damit liegt ein erneuter Rekurs zum technischen Kern der Digitalisierung nahe, sprich: zu den diversen Modellen der Analog-Digital-Wandlung. Eine ihrer technischen Verfahren - als verdinglichte "Methodik" - ist hier der *sample-and-hold*-Mechanismus zur Momentanwertabtastung: "eine elektronische Vorrichtung, die es erlaubt, analoge Spannungswerte *kurzzeitig* auf einem definierten Wert zu halten."¹³⁵

"Sowohl im zeitkontinuierlichen (s), als auch im zeitdiskreten (z) Bildbereich" - *nota bene*: der etwas andere medientechnischer "Bild"begriff - "existieren entsprechende Modellierungsmöglichkeiten eines Abtast-Halte-Glieds, welche sich aus Sprungfunktion und Totzeitglied zusammensetzen."¹³⁶ Das Eine ist der Schaltplan als Diagramm dieser technischen Handlung. Wie aber sieht ein solches Modul real techno-logisch, also soft- und hardwaretechnisch aus? MATLAB erlaubt die symbolische Modellierung: "Implementierungen für die gesamte Prozedur sind bereits vorhanden" (ebd.) und zwar als Quellcode.

Begibt man sich auf die Suche nach einer anschaulichen Baugruppe, sieht man sich indessen immer wieder auf Schaltpläne rückverwiesen. So ist die Analog-zu-Digital-Wandlung vor aller Technik zunächst ein

135 <https://de.wikipedia.org/wiki/Sample-and-Hold-Schaltung>, Abruf 23. Februar 2021

136 <https://de.wikipedia.org/wiki/Sample-and-Hold-Schaltung>, Abruf 23. Februar 2021

logisches Ding. Die konkrete Verdinglichung aber ist nichts Anderes als ein weiterer Mikrochip als elektrotechnische Black Box.

Erst in der realen Implentierung entsprechender Bausteine meldet sich das TechnoReale als *Technológos* buchstäblich zu Wort. "Aufgrund verschiedener Störeinflüsse weicht das Verhalten realer Sample-and-Hold-Schaltungen vom idealen Verhalten ab."¹³⁷ Eine wichtige Größe im Haltezustand ist ein buchstäbliches Leck: die Haltedrift (Droop): "Sie wird durch den Entladestrom des Kondensators bestimmt, der sich aus dem Sperrstrom des Schalters, dem Eingangsstrom des Impedanzwandlers und dem Selbstentladestrom des Kondensators zusammensetzt" (ebd.). An dieser konkretesten aller technischen Schnittstelle zwischen physikalischer Außenwelt und computerechnischer Innenwelt (beide bleiben "natürliche" Welten) werden mittels eines elektrischen Sensors zunächst schwache Signale der Außenwelt erfaßt und für die weitere Verarbeitung verstärkt. Aus dem solchermaßen verstärkten Analogsignal "tastet der Abtast- und Halteverstärker in bestimmten Zeitintervallen Werte ab und hält sie während eines Intervalls konstant. Aus einer zeitkontinuierlichen Kurve wird so eine zeitdiskrete Kurve des Signals"¹³⁸ - wobei die "zeitdiskrete Kurve" bereits ein Oxymoron darstellt. Auch diese Diskretisierung ist eine ideale logische Größe; tatsächlich bleibt sie stochastatisch verschränkt im Realen der Technik. Konsequenterweise wurde diese technographische Ekphrasis inzwischen korrigiert: "Aus einer analogen zeitkontinuierlichen Kurve wird so ein zeitdiskretes analoges Signal."¹³⁹

Erst das *close reading*, also Wort für Wort (geradezu "byte für byte", als *Technológoi*) entbirgt das Wesen, aber auch das Opfer dieser Wandlung von Welt in ihr mathematisches Modell. Denn hier gibt es keinen "Zeitpunkt" mehr, wie er in der klassischen Zeitkultur der metaphysische Fluchtpunkt der "reinen Gegenwart" darstellte. Vielmehr konsumiert ein Analog-Digital-Wandler ein für "eine gewisse Zeit" *immer schon* konstantes Signal, um daraus überhaupt erst "die diskreten digitalen Werte zu ermitteln" (ebd.). Denn erst "[d]iese können dann vom digitalen Signalprozessor verarbeitet" (ebd.) und damit zum Gegenstand der komputativen Datenverarbeitung werden. Echtzeitverarbeitung kennt kein "Jetzt" mehr, nur noch ein "im Nu", das jeden scheinbaren Gegenwartsmoment zum Zwischenspeicher macht und damit Zeit konsumiert - bzw. "Zeit" wird hier selbst zur Funktion dieser Verschiebung, die ihrerseits nach temporaler Semantik ringt (das oben genannte "Totzeitglied" etwa). Erst solchermaßen digitalisierte Signale

137 <https://de.wikipedia.org/wiki/Sample-and-Hold-Schaltung>, Zugriff 19. März 2021

138 http://de.wikipedia.org/wiki/Digitale_Signalverarbeitung, Zugriff 25. Januar 2007

139 https://de.wikipedia.org/wiki/Digitale_Signalverarbeitung, Abruf 19. März 2021

können dann vom Prozessor *im* (oder besser: *als*) Computer verarbeitet werden.

In dieser Digitalisierung wird die physikalische Welt zunächst verschluckt, insofern ihre innertechnische digitalisierte Abbildung (*mapping*, nicht: mentale Repräsentation) für Menschen nicht mehr wahrnehmbar ist. Nicht dem technischen Bewußtsein, sondern allein der menschlichen Wahrnehmbarkeit zuliebe bedarf es überhaupt eines umgekehrten D/A-Wandlers: "Das Signal nimmt dann den umgekehrten Weg und kann über einen Aktor ggf. wieder in den technischen Prozess einfließen."¹⁴⁰ Was im klassischen Theater der Schauspieler respektive *actor* ist, wird hier zum technischen "Aktor" (respektive englisch *actuator*), sprich: "antriebstechnische Baueinheiten [...], welche ein elektrisches Signal" - abstrakter modelliert die "vom Steuerungscomputer ausgegebene[n] Befehle in mechanische Bewegungen bzw. Veränderungen physikalischer Größen wie Druck oder Temperatur umsetzen und damit aktiv in den gesteuerten Prozess eingreifen. Die zugehörige technische Disziplin ist die Aktorik."¹⁴¹

Welthafte Signale werden durch Digitalisierung negentropisch erst computerrechenbar gemacht. Kein physikalisches Signal ist "digital" an sich. Das *bit* ist kein realtechnischer Wert, sondern logisches Konstrukt respektive Artefakt. Allein in seinem *embodiment* als elektrischer Spannungswert ist es ein technisches Wesen. Einer zunächst ganz und gar kulturtechnischen Operation, nämlich der Durchführung eines Algorithmus mit Bleistift und Radiergummi auf kariertem Rechenpapier (Turings "Papiermaschine"), wird elektrotechnische Materie durch Verschaltung gefügig gemacht.

In der sogenannten Elektromobilität und seinen "autonomen" Fahrzeugen aber konvergieren die Elementarteilchen der hochtechnischen Medien (die Elektronen) und die Künstliche Intelligenz. Information (gemessen in "bits") ist nicht länger ungleich Materie und Energie, sondern findet sich darin zurückübersetzt. "Aufgehoben" wird diese dialektische Situation in der Quantenmechanik als Funktion ihrer wahrscheinlichkeitstheoretischen, also mathematischen Modellierung.¹⁴²

Die analog-zu-digital-Wandlung der zu digitalisierenden Signale ist *quasi* eine (aus der katholischen Liturgie wohlvertraute) Transsubstantiation: Energie und Materie bleiben gleich (das Signal mithin also "welthafte"), aber ihre bislang rein logische Symbolisierung wird technisch ihrerseits

140 https://de.wikipedia.org/wiki/Digitale_Signalverarbeitung, Zugriff 19. März 2021

141 <https://de.wikipedia.org/wiki/Aktor>, Abruf 19. März 2021

142 Dazu Mark B. N. Hansen, *Media Entangled Phenomenology*, in: Rosi Braidotti / Rick Dolphijn, *Philosophy After Nature*, London / New York (Rowman & Littlefield) 2017, 73-98

operationsfähig. Bedingung dafür ist der Einsatz *nicht digitaler, sondern digitalisierender* Systeme wie dem genannten Abtast- und Halteverstärker. Die vertrauten Medienfunktionen - also Speicherung, Übermittlung und Prozessieren von Daten - werden im Sample-and-Hold Modul als Transformation von "analogen" zu "digitalen", zeitdiskreten Signalen im Mikrobereich bereits vorweggenommen. Jene Datenprozessierung, welche mit dem diskursiven Begriff der "Digitalisierung" gemeint wird, ist der eigentlichen technischen Digitalisierung, also der analog-zu-digital-Wandlung und dem primären Messmedienergebnis, damit erst *nachgeordnet*. Diese Verschiebung des Realen auf die Szene der symbolischen Ordnung ist der eigentlich medienepistemische Trick, seine *mechané*. Aus einer technischen Welt wird hier das Schauspiel der "Digitalisierung" als Medientheater.

Die "Originalkopie": das Sampling zwischen Theorem und technischer Realität

Doch alles medientechnische Wissen ist unergiebig ohne die passende medienwissenschaftliche Methode. Als „forschendes Verstehen“ definiert Johann Gustav Droysen in seiner *Historik* eine Methode, die sich gleichermaßen von dem reinen geisteswissenschaftlichen Verstehen (der philologischen Hermeneutik) und von den Naturwissenschaften abgrenzt. „Gehen wir nun Schritt für Schritt“- mithin selbst schon algorithmisch formuliert - „ins Detail.“¹⁴³ Die radikal medienarchäologische Insistenz, sich in die entscheidenden technischen Elemente eines Medienvorgangs hineinzubohren, ist indes kein technikverliebter Selbstzweck (wiewohl dieser statthaft ist), sondern sucht solches Wissen von der implizit erkenntnisgeladenen zur explizit wissenswerten Explosion zu bringen. Lediglich ansatzweise formulieren Techniker oder Programmierer medienepistemische Anregungen; umgekehrt sind die meisten medienwissenschaftliche oder gar medienkulturellen Analysen bloß ansatzweise technisch konkret. Es sind genau die Schnittmengen zwischen der ingenieurstechnischen und der medientheoretischen Sprachwelt (und deren Dialog mit der Sprache der technischen Welt, sprich: dem *Technológos*) , die Medienarchäologie fokussiert und verstärkt.

Worin liegt nun der Wert einer technischen Vertrautheit mit dem Analog-zu-Digital-Wandler für eine generalisierte Welterkenntnis? Es geht hier um das Authentizitätsversprechen des "Digitalen". Samplingtheoretisch ist die „digitale“ Rekonstruktion von analogen Signalfunktionen, wenn die Bandbreitenbegrenzung eingehalten wird, also die Abtastfrequenz mindestens doppelt so hoch wie die betreffende Signalfrequenz ist, mit an Betrug an der menschlichen Wahrnehmung grenzenden Perfektion möglich. "Rekonstruktions"verfahren wie die Whittaker-Funktion machen

jeden beliebigen analogen Zwischenwert (mithin das Reale als der Bereich der reellen Zahlen) berechenbar. Doch gilt dies indes nur im Prinzip (*en arché*). Die tatsächliche technische Realisierung verweist das genannte Nyquist-Shannon Sampling-Theorem *medienarchäo*-logisch in seine Zeitschranken: „Je näher man an die Abtastgrenze kommt, desto aufwendiger ist diese Berechnung; im Grenzfall werden zur Rekonstruktion eines einzelnen Zwischenwertes unendlich viele Abtastwerte benötigt.“¹⁴⁴ Technisch aber lässt sich dies "nur näherungsweise realisieren" (ders.). Die Treppenfunktion und die Glättung solcher Sprungstellen sind zwar technische Lösungen oder gar Tricks (*mechané*), doch nicht die medienphilosophische Beantwortung dieser Herausforderung.

Als weitere medienepistemische Irritation kommt in der diskreten Amplitudenerfassung der Quantisierungsfehler hinzu. Tatsächlich ist die Amplitude eines Eingangssignals "ohnehin nie exakt bestimmbar. Erstens braucht man dazu Referenzen (z. B. ein Spannungsnormale) die nur mit begrenzter Genauigkeit und Stabilität bereitgestellt werden können, zweitens sind alle analogen Spannungen mit einem Zufallswert überlagert, sogenanntes Rauschen. Ähnlich einer Sanduhr bewegen sich immer mehr oder weniger Elektronen gleichzeitig durch einen (engen) Kanal, der Strom (damit auch die Spannung) schwankt geringfügig." (Winkler) Solche Schwankungen - wie etwa das thermische Rauschen in einer Elektronenröhre - sind prinzipiell (und wider Laplace) nicht exakt vorhersagbar, aber mit mathematischer Intelligenz stochastisch (Shannon) oder harmonisch (Wiener) approximierbar. Die Unterscheidbarkeit von Signal und Rauschen bildet eine fortwährend Mesalliance zwischen nicht zusammenpassenden Partnern; ihr *terminus technicus*, die "signal-to-noise ratio" (Formel Ausdruck S/N), ist immer relativ zur Signaldefinition.

Für einen Moment ist der Planet Mars erstmals nicht mehr nur in erstaunlichen Bildern zu sehen, sondern auch zu hören. Eine Aufzeichnung lässt die vom Außenmikrofon des in einer Bodensenke auf dem Mars gelandeten mobilen Roboters Perseverance gesendeten "ersten Geräusche vom Mars" nicht nur vernehmen, sondern zur Verdeutlichung - um das akustische Signal vom Rauschen der Übertragung zu trennen - auch als Waveform ablesen.¹⁴⁵

Der Titel dieses NASA-Videos (Quelle: NASA/JPL-Caltech) lautet: *First Sounds from Mars*; darin auch der Hinweis: "Audio file filters out rover self-noise". So kommentieren es die Euronews: "Der Rover 'Perseverance' hat jetzt auch Audios und Videos des Mars zur Erde geschickt - zu hören

144 Hinweis Frank Winkler (Technische Informatik, Humboldt-Universität zu Berlin)

145 <https://www.youtube.com/watch?v=LERbq-nlb5E>, Abruf 23. Februar 2021

ist offenbar eine Windböe."¹⁴⁶ Aber eben nur "offenbar". Digitale Informationen, verkörpert als Gleitkommazahlen beliebiger Bitbreite, lassen sich nur annäherungsweise in einen analogen Spannungswert (rück-)übertragen, damit sie etwa von menschlichen Ohren aus einer Lautsprechermembran - die ihren eigenen elektromechanischen Gesetzen folgt - hörbar wird.

Die "Digitalisierung" des Kanals wurde für die Übertragung analoger Signale nachrichtentheoretisch und -technisch eingeführt, um den Signal-Rauschabstand signifikant berechenbar zu machen. Doch das Rauschen als Artikulation des Realen kehrt im *Technológos* des Kerns aller Analog-zu-Digital-Wandlung wieder ein. Während sich nach Maßgabe des Abtast-Theorems die bei der Abtastung eines bandbegrenzten Signals "verlorenen Signalanteile [...] zumindest theoretisch wieder vollständig / rekonstruieren lassen, ist dies im Falle der Quantisierung der Signalamplitude nicht möglich."¹⁴⁷ Der auftretende Quantisierungsfehler $q(n)$ ist "unvermeidlich" (ebd.) und von der symbolischen Maschinenordnung durch mathematische Messung (SNR) unbeherrschbar. "Der Quantisierungsfehler entzieht sich [...] einer solchen Beschreibung, da die Fehleramplituden, zumindest bei komplexen Eingangssignalen und einem gut ausgesteuerten Quantisierer hoher Wortbreite, eine regellose Verteilung aufweisen, die weder durch eine mathematische Funktion angegeben noch gemessen werden kann."¹⁴⁸ Der *Technológos* selbst wird damit unfassbar, insofern er zwischen Artikulationen des Technisch Realen, und seiner quantisierenden Logifizierung in Form symbolisch computierbarer Bytes ("Wortbreite") oszilliert. Auch darauf sucht technomathematische Intelligenz noch eine Antwort, indem sie die *tyché* solcherart stochastischer Signale über ihre kalkulierte Amplitudendichteverteilung berechnet. Wahrscheinlichkeiten und "Chancen"¹⁴⁹ treten damit an die Stelle von Gewissheiten, der Quantentheorie in ihrem Dualismus aus Welle und Teilchen damit näher als der algorithmischen Logik des Digitalcomputers. Angesichts des mit dem Akt der Digitalisierung verbundenen Quantisierungsrauschens ist also medienepistemische Vorsicht gegenüber den Verheißungen der Digitalisierung geboten. "Übersteigt der Maximalwert des Eingangssignals [...] den Aussteuerungsbereich des Quantisierers, so tritt eine Übersteuerung (Clipping) auf [...], was zu einer drastischen Verschlechterung des [sic]

146 <https://de.euronews.com/2021/02/23/perseverance-mission-erstmalstonaufnahmen-von-mars-oberflaeche>, Abruf 24. Februar 2021

147 Alexander Lerch / Stefan Weinzierl, Digitale Audiotechnik: Grundlagen, in: Stefan Weinzierl (Hg.), Handbuch der Audiotechnik, Berlin / Heidelberg (Springer) 2008, Kapitel 14, 785-811 (790 f.)

148 Lerch / Weinzierl 2008: 791 f.

149 Im Sinne der Argumentation von Wolfgang Hagen, Es gibt kein "digitales Bild". Eine medienepistemologische Anmerkung, *online* <http://www.whagen.de/publications/EsGibtKeinDigBild/egkdb.htm>

SNR und zu nichtlinearen Verzerrungen führt"¹⁵⁰ - in anderer Form schon von der Vakuumröhre (Triode) als elektronischem Verstärker vertraut (und als "Störung" von Seiten der E-Gitarre eines Jimmy Hendrix geradezu gewollt). Solche Verzerrungen "können schon bei geringen Übersteuerungen wahrnehmbar werden" (ebd.). Doch nicht mehr nur für menschliche Sinne, sondern auch technophänomenologisch - also für die elektronische Baugruppe selbst - wird ununterscheidbar, was Signal, und was Rauschen ist.

Aus der techniknahen Analyse der sogenannten "Digitalisierung" resultiert damit die fortwährend kritische Einsicht, dass "das Digitale" die gegebene Welt bestenfalls approximiert, schlimmstenfalls "verrauscht". Das TempoReale des Zeitsignals läßt sich nicht durch symbolische Operationen der Mathematik eskamotieren. Theoretisch verliert die Digitalkopie den "Index" (Peirce) ihres Ursprungs und lässt sich damit nicht mehr "historistisch" verstehen (frei nach Johann Gustav Droysens *Historik*). Die von Walter Benjamin bereits 1936 / 37 formulierte Ablösung von Werken der Kunst (und überhaupt kultureller Artefakte) von der geschichtlichen Tradition in ihrer technischen Reproduktion ist im Digitalen technoreal geworden. Denn die Quelle der in der digitalen Originalkopie verborgenen Information ist kaum noch nachprüfbar und zurückverfolgbar - es sei denn radikal medienforensisch, anhand materieller oder manipulativer Indizien.

Was die klassische photochemisch "analoge" Photographie "[...] endlos reproduziert, hat nur einmal stattgefunden: sie wiederholt mechanisch, was sich existentiell nie mehr wird wiederholen können.' Doch in der fortschreitenden Entropie von Negativ und Abzügen bei fortschreitender Verrauschung artikuliert sich eine Zeitlichkeit, die in der originalen Reproduktion als 'Originalkopie' verlorenggeht."¹⁵¹

Im Unterschied zur Digitalisierung einer „analogen“ Vorlage ist die digitale Kopie eines Digitalisats *idealiter* nicht mehr unterscheidbar von seiner Vorlage. Begründet ist dies informationstheoretisch durch das Prinzip des binären Signals. Dies nötigt das Urheberrecht mithin zum begrifflichen Oxymoron der *Originalkopie*. Doch medientechnisch kehrt das Reale der Technik in der symbolischen Ordnung des Digitalen wieder ein, denn die schiere Physik solcher Apparaturen induziert Fehler, sei es mechanischer Art wie bei der CD-Abtastung oder beim Auslesen einer

150 Lerch / Weinzierl 2008: 794

151 Aus der Ankündigung des Seminars von J. Haid im Bachelorstudiengang Medienwissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin *Die Seele in der Silberschicht": Historiografie und Archäologie der Fotografie* (Sommersemester 2020) im Vorlesungsverzeichnis des Instituts für Musikwissenschaft und Medienwissenschaft, unter Bezug auf: Roland Barthes, *Die helle Kammer. Bemerkung zur Photographie* [FO 1980], Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1985

Festplatte, oder im eigentlich "medien"techniken Akt der Übertragung ("merely the medium", mit Shannon 1948) durch stark gestörte oder stark genutzten Kanäle (Beispiel WLAN). Dies aufzufangen ist eine zusätzliche Fehlerkorrektur erforderlich, mit der ein technischer Übertragungsvorgang zu einer Funktion technomathematischer Intelligenz, und mithin angewandter *Technológos* wird. Der bessere Begriff dafür ist die "logische Replikation"¹⁵².

Und was, wenn nun an die Stelle einer einseitigen, weltverlustbehafteten "Digitalisierung" ein Hybrid aus "analog" und "digital" träte? Horst Völz widmet sich dieser Option mit seinem praktischen Verfahren namens *Kontinuierliche Digitaltechnik*.

Die eine - anthropozentrische - Strategie lautet von daher, digitale Technologie immer adaptiver dem tatsächlichen Weltgeschehen - und ebenso der menschlichen Intelligenz - anzupassen. Dem steht eine radikal medienarchäologische Ästhetik entgegen, welche "Digitalisierung" nicht länger nur als Verlust oder prinzipielles Defizit von Technologie gegenüber der realen Welt begreift, sondern als technologischen Akt der Befreiung hin zur tatsächlichen Medienbotschaft des "Digitalen". Damit deren Eigensinn und Eigenzeit im *Technológos* "zu Wort" kommen zu lassen, wäre ein aktiver Beitrag von Medienwissen(schaft) zur aktuellen Diskussion der medienbestimmten Lage.

WELTVERLUST DURCH DIGITALISIERUNG?

Digitalisierung und die indexikalische Spur

Angesichts gigantischer Datenmengen und deren Verarbeitung in einer weitgehend standardisierten Hardware verschiebt sich der aktuelle Fokus in den Analysen von Kommunikationsmedien – aus Sicht der „Berliner Schule“ von Medienwissenschaft - dramatisch: vom elektrotechnischen Apriori, wie es einst Friedrich Kittlers diskurstiftend für die international so identifizierten "German Media Studies" behauptete, zugunsten des technomathematischen Primats von Software, der vernetzten Computersystemen, sowie des "Deep" Machine Learning in künstlichen neuronalen Netze *alias* Artificial Intelligence. Doch für eine techniknahe Klärung der Beschleunigung der "digitalen" Gesellschaft liegt der analytische Schwerpunkt nach wie vor auf der medienepistemischen Diskussion des ihr vorgelagerten Medienakts. Die konkrete "Digitalisierung" analoger Signale in damit überhaupt erst von der symbolischen Maschine berechenbare Datenwelten ist recht eigentlich

152 Siehe Doron Swade, *Collecting Software: Preserving Information in an Object-Centred Culture*, in: *History and Computing* Vol. 4 No 3 (1992), 206-210

die Möglichkeitsbedingung komputativer Algorithmik. Die von Immanuel Kant definierten Aprioris der menschlichen Wahrnehmungen werden hier technologisch konkret: Raum und Zeit konkretisieren sich in Netz-Topologien und Chronotechniken.

Der deutsche Bundestag stimmte im Frühjahr 2021 mit großer Mehrheit den Regelungen für die Einführung eines EU-Aufbaufonds in Höhe von rund 750 Milliarden Euro zu. Auf deutscher Seite sollen die anteiligen Pandemie-Nothilfegelder unter Priorisierung von Klimavorsorge und Digitalisierung verteilt werden. Unter Kommentatoren ist in diesem Zusammenhang die Rede von "digitaler Transformation". Dieser Begriff aber ist eine Verharmlosung, denn er suggeriert eine sanfte Wandlung. Die Radikalität der medientechnischen Lage ist vielmehr die "große Transkription" (Erkki Kurenniemi) von analogen *Weltsignalen* ins symbolisch-Digitale. Was heisst das medienarchäologisch konkret?

Die sogenannte „Digitalisierung“, wenn sie nicht als diskursives politisches Schlagwort, sondern als konkretes Medienereignis verstanden wird - was sonst heißt *Understanding Media* - gründet im zeitdiskreten Sampling und Quantisieren von Signalen der realen Welt zugunsten der algorithmischen Be- und Verrechenbarkeit von Bits und Bytes. Denn nur diese Sprache verstehen komputative Maschinen. Diese Übersetzung der physikalischen Welt in die Welt der Maschine aber ist keine harmlose Transformation, sondern eine grundsätzliche Übersetzung von Welt. Von daher stellt Medientheorie die wesentliche, mithin ontologische Frage nach der Signaltreue, der Weltechtheit und -zeitlichkeit der komputativen Daten zu den "natürlichen" Signalen. Standen vormalige Kommunikationsmedien lediglich unter ideologischem, also signalexternem, diskursiven Manipulationsverdacht¹⁵³, greift beispielsweise digitales *image processing* invasiv in die Bilddatenwelten selbst ein. Während aus Sicht der Medienkulturwissenschaft „der Zweifel an der Glaubwürdigkeit digitaler Bilder in erster Linie von der diskursiven Praxis [...] abhängt“¹⁵⁴, in welcher solche digitalen Bilder - etwa in militärischer Aufklärung und im kritischen Journalismus - operieren, geht eine radikale Medienarchäologie der Digitalisierung optischer Welten buchstäblich auf den Grund ihrer Pixel, mithin *medias in res*.

„Sofern digitalisierte Daten Abtastungen (von Licht / oder Schall oder anderen Phänomenen) und somit auf eine gewisse Weise immer noch indexikalische Zeichen sind, bleiben sie auf die reale Welt bezogen.“¹⁵⁵

153 Etwa das Kapitel "Kulturindustrie. Aufklärung als Massenbetrug" in: Max Horkheimer / Theodor W. Adorno, *Dialektik der Aufklärung. Philosophische Fragmente* [1944], Amsterdam (Querido) 1947, 144-198; siehe auch Niklas Luhman, *Die Realität der Massenmedien*, Opladen (Westdeutscher Verl.) 2. Aufl. 1996, 9 u. 31

154 Schröter 2004: 346

155 Schröter 2004: 346 f.

Doch dies gilt allein für die primäre Sample-and-Hold-Schaltung. Das zunächst noch in eine analoge Stromspannung gewandelte optische Signal wird durch die Abbildung (das *mapping*) auf einen binären Code arbitrarisiert. In diesem Moment manifestiert sich der ganze Unterschied zwischen Signal und Zeichen nicht mehr bloß im semiotischen, sondern auch mikrotechnischen Sinn. „Der entscheidende Unterschied zwischen den digital gespeicherten“ Daten „und den analog-mechanisch, analog-elektromagnetisch oder analog-fotochemisch gespeicherten“ Signalen liegt „nicht im Weltbezug, sondern in der *mathematischen Form* der digitalen Daten“¹⁵⁶, läßt sich die ontologische Sorge beruhigen. Doch hat Martin Heidegger in einem Vortrag von 1938 gerade die mit der Algebraisierung der Geometrie (Descartes) eingehende frühneuzeitliche Mathematisierung im Verhältnis des Wissens zur Natur – die über die rein sensorische Messung epistemisch und numerisch hinausgeht – als das eigentlich neue Weltbild diagnostiziert.¹⁵⁷ Selbst an die Stelle der anschaulichen, aus der antiken Rhetorik vertrauten *ars memoriae* mit Gedächtnis-Bildern tritt die numerische Adressierung.

An die Stelle sinnlicher Geometrie tritt die abstrakte Algebra, und das anschauliche Bild wird zur mathematischen Funktion. Descartes selbst transformiert vom Eigennamen und bildlichem Portrait zum operativen Begriff eines kulturtechnischen Verfahrens, das "kartesische" Koordinatensystem. Dieses macht die anschauliche geometrische Kurvenform in die Formel: $y = f(x)$ übersetzbar.

Und nicht nur das: Mit dieser Praxis der Kodifizierung optischer Bilder wird der technische Geist (und ihm vorausgehend das Gespür des *Technológos*) dazu ermutigt, vollumfänglich digitale (und eben nicht nur schlicht „digitalisierte“), genuin computergenerierte (*alias* „virtuelle“) Bilder in die Welt zu setzen. Hatte Immanuel Kant noch die Gegenstände einer rein intellektuellen Erkenntnis – die *Noumena* – von der sinnlichen Anschauung unterschieden, wird durch Komputation das "Gedankending" (englisch *thought experiment*) zur empirischen Realität. Daraus resultiert eine neue Welt digitaler Simulationen und eines Photorealismus, der gar keiner optischen Vorlage im physikalisch Realen mehr bedarf – "born digital". An die Stelle der optischen Linse tritt das computergraphische, mithin also: technomathematische Beleuchtungsmodell¹⁵⁸ als medienoperatives Diagramm.

Bertolt Brecht diagnostizierte bereits in der Epoche von Photographie und Film, dass „weniger denn je eine einfache ‚Wiedergabe der Realität‘ etwas über die Realität aussagt. Eine Photographie der Kruppwerke oder

156 Schröter 2004: 347

157 Martin Heidegger, Die Zeit des Weltbildes [1938], in: ders., Holzwege, Frankfurt / M. (Vittorio Klostermann) 1950, 69-104

158 Dazu Schröter 2004: 350

der AEG ergibt beinahe nichts über diese Institute.“¹⁵⁹ Mit der digitalisierten Wiedergabe (also buchstäblichen „Verdatung“) tritt an die Stelle des konkreten Abbilds das techno-mathematische Ge-stell (Heidegger): "Es ist also tatsächlich etwas aufzubauen, etwas 'Künstliches', 'Gestelltes'."¹⁶⁰

Damit sich jedoch die medienepistemische Hinterfragung des Weltbezugs digitalisierter Signale nicht in luftigen ontologischen Spekulationen verliert wie der „spekulative Realismus“ in der aktuellen objektorientierten Ontologie, „erdet“ sie die radikal-medienarchäologischen Methode in der präzisesten Analyse des technologischen Akts. Erst somit wird wieder kenntlich, was hochtechnische digitale Signalverarbeitung Menschen gegenüber bis zur Unkenntlichkeit dissimuliert. Das von Nyquist und Shannon in den USA, und im Sinne eines gleichursprünglichen *Technológos* von Kotelnikov in der einstigen UdSSR in aller analytischen Mathematizität entwickelte Abtasttheorem macht den Unterschied zwischen welthaftiger Signalwelt und seiner (zwischenzeitlichen) Aufhebung im Digitalen für menschliche Sinne unkenntlich. Zum Zweck der Ermittlung der maximalen Kapazität eines *medium* im Sinne Shannons, „d. h. der maximalen Bitrate in einem frequenzbeschränkten, rauschbelasteten Übertragungskanal“, besagt das Abtasttheorem, „dass ein bandbegrenzte Signal aus einer Folge von äquidistanten Abtastwerten exakt rekonstruiert werden kann“, wenn es mit einer Frequenz abgetastet wurde, die mindestens doppelt so hoch wie die höchste im Signal enthaltene Frequenz sein muß.¹⁶¹ Daraus resultiert etwa die Abtastrate von musikalischen Compact Disks, denn die maximale Bandbreite menschlichen Hörens erstreckt sich bis zur Grenze der sogenannten Niederfrequenz, 20.000 Hertz.

An dieser Stelle stellt sich die medienontologische Gretchenfrage der „Digitalisierung“: Ist das mit doppelter als dem höchsten im Signal enthaltener Abtastfrequenz gesampelte und quantisierte, also „digitalisierte“ Signal, in aller Treue das physikalische Signal in mathematischer Form, oder nur eine arbiträre Simulation des physikalischen Eingangssignals? Im Gegensatz zum signalgetreuen phänomenalen Eindruck resultiert die analog-zu-digital-Wandlung im technomathematischen Sinn immer in einem Artefakt.

Ein Gespür für die brisante Indexikalität des (Direkt-)Kontakts eines technischen Sensors oder Messgeräts mit der realphysikalischen Umwelt zu entwickeln ist das Kernanliegen techniknaher Analyse - bis hin zur

159 Bertolt Brecht, *Gesammelte Werke*, Frankfurt / M. 1968, Bd. 18, 161

160 Brecht 1968: 162, zitiert hier nach: Schröter 2004: 354

161 <https://de.wikipedia.org/wiki/Nyquist-Shannon-Abtasttheorem>, Abruf 13.

Mai 2020

radikal medienarchäologischen Infragestellung dieser Medien-Welt-Kopplung in der Unschärferelation der Quantenmechanik.¹⁶²

Geht in der digitalen Signalabtastung, -prozessierung und -übertragung (etwa durch das Quantisierungsrauschen im Sample-and-Hold Modul) nicht gerade die Welthaftigkeit der materiellen und energetischen Dings durch die Beschränkung auf Bits, also seinen binären Informationsgehalt, verloren? Eine medienkritische, aber *techniknahe* Analyse des aktuellen Digitalisierungsschubs widmet sich dem damit verbundenen "kybernetischen Opfer"¹⁶³, sprich: jenem Rest an Welt, der darin nicht aufgeht, nämlich ihre MateRealität.

"Tertium non datur"?

In der binären *Datenverarbeitung* wird der Satz vom ausgeschlossenen Dritten zwischen kontradiktorischen Aussagen gemäß der aristotelischen Logik konkret. Dem hat Gotthard Günther eine mehrwertige (damit noch keineswegs "analoge") Logik entgegengesetzt. Im Realen seiner elektrotechnischen Implementierung aber erinnert hier die Hardware selbst an ein ausgeschlossenes Drittes: Norbert Wieners "time of non-reality" als Grenzwert einer stetigen Funktion (die also keinen wirklich abrupten Sprung macht und damit mathematisch differenzierbar bleibt¹⁶⁴).

Aufenthalte im Dazwischen des "Digitalen"

Nur vordergründig kennt der Digitalcomputer nur Nullen und Einsen. Letztendlich "kennt" er als technisches Medium (in seiner vorherrschenden Form) nur elektronische Existenzweisen - "zwischen Messen und Zählen"¹⁶⁵. Denn das "Digitale" gibt es nur im Symbolischen, nicht aber in und als Hardware. "Die Schaltkreise unserer Computer und ihre AD-Wandler sorgen zwar für eine digitale Repräsentation der Signale, haben aber selbst noch Kennlinien, die steil, aber dennoch keine

¹⁶² Dazu Hansen 2017

¹⁶³ Dazu W. E., Das kybernetische Opfer. Ausgeschlossene Daten, in: Andreas Becker / Saskia Reither / Christian Spies (Hg.), Reste. Umgang mit einem Randphänomen, Bielefeld (transcript) 2005, 27-42

¹⁶⁴

https://de.wikipedia.org/wiki/Stetige_Funktion#Beispiele_stetiger_und_unstetiger_Funktionen, Abruf 13. Juli 2022

¹⁶⁵ *Call for Participation* zur Tagung "analog digital. Kunst und Wissenschaft zwischen Messen und Zählen" (HyperKult 12) der Fachgruppe "Computer als Medium" im Fachbereich "Informatik und Gesellschaft" der Gesellschaft für Informatik, Rechenzentrum Universität Lüneburg, 24.-26. Juli 2003

Treppenstufen sind. Geht es beim Digitalen also um Repräsentation, um in Kauf genommene und gewollte Fortlassung alles dessen, was zwischen den willkürlichen Levels von Rasterung und Quantisierung liegt, mit dem Ziel, danach die so zugerichteten Daten als Symbole manipulieren zu können" (ebd.).

Dieser "Wandel" ist zweistufiger Natur: vor dem A/D-Converter steht in der Welt hochtechnischer Medien zunächst die Wandlung nicht-elektrischer Messgrößen durch Sensoren in elektrische Signale als *transduction*, damit sich algorithmische Prozesse überhaupt erst in der Welt des Elektronischen abspielen können. "[I]n der Technik steht das analoge Signal als zu messende Größe am Ursprung, oder kennt jemand einen primär digitalen Sensor?"¹⁶⁶ Mit dieser Frage prallt die digitale Quantisierung abgetasteter zeit- und wertkontinuierlicher Signale auf die Welt der Quantenphysik. So zeitigen hochsensible Sensoren - etwa als CCD-Chip in Digitalkameras und Smartphones - zwar aus stetigen Ausgangswerten diskrete Werte. doch "[...] ein einfacher durch Licht induzierter Photostrom zeigt bei schwachem Licht in Form des 'Shotnoise' oder Photonenrauschens, die quantisierten Eigenschaften des Lichts als Photonen: die Photonen fallen quasi als stochastischer Ankunftsprozess auf den Sensor ein, nicht alle gleichzeitig, sondern als Poisson'scher Zählprozess."¹⁶⁷ Damit *zählt* die Natur auf ihrer subphysikalischen Ebene an sich bereits, bevor sie durch kulturelles Wissen zur "Zahl" abstrahiert wird. Für digitale Bilder heißt dies auf ihrem konkreten Schauplatz, dem CCD-Chip, dass eine primäre Digitalität jeder techno-logisierten Digitalisierung vorangeht¹⁶⁸ - respektive sich letztere als symbolisches *re-entry* eines primären Sachverhalts erweist. Doch angesichts der Gleichursprünglichkeit von Welle und Teilchen in der Quantenphysik schlussfolgert der Kulturinformatiker Martin Warnke, "daß Quantencomputer keine Digital- sondern Analogrechner sind"¹⁶⁹, insofern ein Qubit gleichzeitig 0 und 1 sein kann und alle dazwischen liegenden Übergänge umfasst. Der *Technológos* harrt hier in Latenz oder gar Virtualität - wobei erst der Messakt buchstäblich entscheidet, also im Sinne des "bit" Information erzeugt. Hier kommen Messmedien nicht als

166 Johannes Sievert (Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig), Die Welt der Natur und die digitale Medienwelt [o. J.], in: Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften, Jg. 22(2022), Heft 1, 257 ff. (258)

167 Kommentar von Otmar Loffeld zum Text von Johannes Sievert o. J., in: Navigationen a. a. O., 259-261 (259)

168 Dazu Wolfgang Hagen, Es gibt kein "digitales Bild". Eine medienepistemologische Anmerkung, in: Lorenz Engell / Bernhard Siegert / Joseph Vogel (Hg.), Licht und Leitung [Archiv für Mediengeschichte Nr. 2], Weimar (Bauhaus-Universität) 2002, 103-112

169 Martin Warnke, Quantum Computing, in: ders. / Wolfgang Coy / Georg Christoph Tholen (Hg), HyperKult II. Zur Ortsbestimmung analoger und digitaler Medien, Bielefeld 2005, 151-169 (167)

sekundäre oder periphäre, sondern primäre Agenten ins Spiel - wie Karen Barad in *Meeting the Universe half-way* betont. Dementsprechend resümiert der Medienkulturwissenschaftler Jens Schröter zur fortwährend sich verlagernden Debatte um die analog / digital-Unterscheidung (die als Unterscheidung selbst schon auf Seiten des Digitalen steht): "Am Ende entscheiden Technologien, was wir für theoretische Probleme halten."¹⁷⁰

Primärer Sinn und Zweck der Digitalisierung war in der Nachrichtentechnik von Telekommunikation die Signalkodierung im Kampf gegen die Verrauschung (oder das *impairment*) im Übertragungskanal - Shannons eigentliches *medium*. Anstelle einer proportionalen Entsprechung von Signalwerten tritt hier die buchstäbliche Kalkulierbarkeit der Nachrichtenübertragung. Zu diesem Zweck wird die Nachricht, „um sie der physikalisch immer prinzipiell begrenzten Kanalkapazität anzupassen, vor der Übertragung [...] in lauter einzelne Elemente eines selben Typs zerlegt [...]. Weil diese Elemente nur bestimmte Werte annehmen können, es also zum Beispiel viel weniger lateinische Buchstaben als mögliche Geräusche unserer Kehlköpfe und Mäuler gibt, folgen sie der Nachricht nicht in allen ihren Schwankungen, Feinheiten und Details¹⁷¹, erlauben im Gegenzug aber deren Steuerung mit technomathematischer Intelligenz.

"Kommunikationssysteme mit solchen technisch und mathematisch viel kontrollierbareren Signalen heißen diskret" (Kittler ebd.).

Was aber heißt es, gegenüber dem sicher geglaubten Schema der "Digitalisierung" als Transkription der vertrauten physikalischen Welt in Nullen und Einsen, sich medienepistemisch auf die von der idealisierten Logik des Binären "verbotenen" Zwischenbereichen einzulassen - Norbert Wiensers *time of non-reality*? "Bisherige Computer rechnen mit Bits, also mit dem Binärsystem aus Einsen und Nullen. Quantencomputer arbeiten dagegen mit sogenannten Qubits. Diese haben den Vorteil, dass sie mehrere "Zwischenzustände" annehmen können, also nicht nur Eins oder Null."¹⁷² Im Unterschied zu der auf den Macy-Konferenzen diskutierten "verbotenen Zone" des binären Rechnens rechnet der Quantencomputer buchstäblich *mit* dem (und *im*) Dazwischen - im Medium selbst, und nicht länger als seine Abstraktion. Die symbolische Ordnung wird nicht länger im Realen korpsifiziert, sondern dem Realen selbst abgerungen - als ihr *Technológos*. Ist dieser der Materie intrinsisch, oder erneut eine kulturseitige Modellierung?

170 Kommentar von Jens Schröter zu Sievers o. D., in: *Navigationen a. a. O.*, 263-268 (267)

171 Friedrich Kittler, *Optische Medien. Berliner Vorlesungen 1999*, Berlin (Merve) 2002, xxx

172 Kretschmar, op. cit.

De/initionen: An den Grenzen der Digitalisierung

Im Sinne objektorientierter Ontologie weiß der Technológos stets um diese medienepistemische Differenz. Dieser Technológos ist nicht-linguistischer Natur. Die „analoge“ Welt ist nicht selbstredend und daher „in ihren Existenzbedingungen nicht vollkommen beschreibbar“¹⁷³. Es gibt in der Überkomplexität realer Welt etwas, das sich sowohl der Versprachlichung (*lógos*) als auch der Digitalisierung (technologisch) entzieht. „[A]lles Digitalisieren ist [...] immer mit Komplexitätsreduktion verbunden“ (ebd.). Von daher resultiert „die grundsätzliche Unaufschreibbarkeit des Analogen“ (ebd.), die sich insofern einer rein funktionalistischen, instrumentellen Technologifizierung entzieht. Digitalisate als die aus dem Prozeß der Digitalisierung resultierenden technischen Wesen - sind nicht einmal mehr eine Abbildung eines Werkes, wie im Falle der photochemischen Photographie, "sondern nur die unvollständige BESCHREIBUNG einer Abbildung!"¹⁷⁴ Die kunsthistorisch altvertraute Ekphrasis wird damit technologisch. Mit Begriffen wie „beschreibbar“ und „aufschreibbar“ kehrt in der technomathematischen Praxis etwas wieder ein, was die Analogmedien zugunsten immediater Signalaufzeichnung (wie die Phonautographie) gerade ausgetrieben hatte: diskrete Alphabete und alphanumerische Codes, und zwar als operative - nicht mehr primär phonetisch orientierte, logozentische, anthropopoietische¹⁷⁵ - Schrift.

Statt der diskurs-politischen Allmachtphantasie eines immer umfassenderen Digitalisierungsversprechens zu verfallen, de/iniert - buchstäblich - Medienarchäologie diese Praxis vielmehr von ihren Rändern her. "[D]as Prinzip der Digitalisierung selber [...] hat [...] interne Leistungsgrenzen, [...] und die bestehen in dem schlichten Satz, dass die Natur selber kein Computer ist und dass deshalb bestimmte komplexe Phaenomene des Menschen, der Natur prinzipiell, ausserhalb der Berechenbarkeit des heute herrschenden Paradigmas liegen."¹⁷⁶

"Digitale" Dateneingabe

173 Schläbitz 1997: 135

174 J. Brüning, unter <http://www.funktstunde.com/de/zeitkultur/analog-digital>; Zugriff 5. März 2010

175 Dazu W. E. / Friedrich Kittler (Hg.), Die Geburt des Vokalalphabets aus dem Geist der Poesie. Schrift - Ton - Zahl im Medienverbund, München (Fink) 2006 (Reihe Kulturtechnik, Bd. 5)

176 Die Informationsbombe. Paul Virilio und Friedrich A. Kittler im Gespräch. Ausgestrahlt im deutsch-französischen Kulturkanal ARTE, November 1995, hier zitiert nach:

<http://artematrix.org/kittler/die.informationsbombe.htm>

Heute ist die Dateneingabe auf mobilen Smartphones auf zwei Finger - buchstäblich binär - reduziert.¹⁷⁷ Stefan Höltgen hat über die zeitkritische Eingabe am Joystick von frühen Computerspielen vorgetragen¹⁷⁸, und ein Kollege von Stefan Höltgen hat vor langer Zeit einmal einen Text über eine neue orthopädische Erkrankung geschrieben: "den Nintendo-Daumen, der durch die übermäßige Nutzung solcher Eingabegeräte entsteht - aber ebenso eine neue 'Agilität' des Daumens, der nun viel gelenkiger geworden ist, weil er sozusagen der 'Steuermann' bei der Bedienung von Smartphones geworden ist"¹⁷⁹.

Doch das, was hier als wissensarchäologisches Geschick "zur Debatte und auf dem Spiel"¹⁸⁰ steht, geht über einfache Kulturtechniken des Rechnens hinaus, nämlich das antike Konzept der "Ideen Zahlen, ihrer inneren Bewegtheit und dem quasi-mathematischen Prozess einer Weltentfaltung" (Carlé ebd.) - mithin operative Algorithmik *alias* "Computer". Auf die lateinische Übersetzung des Digitalen lässt sich mtnichten eine begriffliche Systematik der aktuellen Medienrealität errichten; "im Wirrwarr der so entstehenden Mistranslationen" geht die ganze Tiefe und Radikalität der medienarchäologischen Gedanken "zum 'digitalen' Ursprung der unzeitigen Digitalisierung" verloren. Erst der Rückgang über das lateinische *digitus* bis hin zu den *calculi* (den altgriechischen ψήφοι) bilden das starke Argument der Medienarchäologie als ganz andere Operationen gestattende Praktiken, insofern "unter Digitalisierung eben nicht En- oder Ver-nummerierung, sondern die Re-aktivität des Rechnens selbst" verstanden - und nicht "verschüttet" - wird (Carlé ebd.). *Digitus* meint in der Tat schlicht numerische Arithmetik; dem gegenüber stehen AI-Chwarizmis buchstäblich "algorithmische" Operationen auf Sandtafeln als alle historische oder kulturelle Distanz untertunnelnde Brücke zur Turingmaschine mit ihrem (idealiter) "unendlichen" Band. Auch für in Archimedes' *Sandbuch* gelten jene Kristalle, die inzwischen die Materialität Integrierter Chips als *silicon* bilden, überabzählbar.

DER WIDERSTAND DES (MATE-)REALEN

Dissimulation der Hardware

Mit der unter dem Begriff der "Digitalisierung" subsumierten

177 Zu den "Däumlingen" siehe Hagen, *Neudasein* (2021), und den Beitrag von Stefan Münker in den von Moritz Hiller sowie Stefan Höltgen herausgegebenen *Archäographien* (beide in Anlehnung an Michel Serres).

178 Im Rahmen des Workshops *Think Analogue! Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Analogcomputers* an der Humboldt-Universität zu Berlin, 11. - 13. April 2012

179 Elektronische Post von Stefan Höltgen, 3. Mai 2021

180 Elektronische Post Martin Carlé, 27. November 2020

technomathematischen Informatisierung wird die materiale Basis der Kommunikation umso erfolgreichen dissimuliert. Die Hardware der mobilen Kommunikationsgeräte, und die damit verbundene Übertragungstechnische Infrastruktur, verschwindet zur Gänze hinter der Ausdehnung des optischen Interface. Wolfgang Hagen erinnert daran in seinem Buch *Neudasein. Essays zur sozialen Epistemologie der Smartphone-Fotografie*.¹⁸¹ Der Materialismus der Marxschen Deutung von "fixem Kapital" (dies entspricht dem Verbund aus Geräten und Infrastruktur), wie sie in seinem sogenannten "Maschinenfragment" zum Ausdruck kommt, verliert damit ihre scheinbare Historizität. Die im 19. Jahrhundert noch offen zutage liegende technische Materialität der Produktion (reale Server-Farmen mit ihrem gigantischen Energieverbrauch, sowie die Glasfasernetze) wird ins Verborgene verschoben und im Namen von "the Cloud" buchstäblich verdunkelt.

So wird auch ein zunächst abseitiges Fragment von Karl Marx durch die aktuelle Digitalisierung (re-)aktualisiert. Denn "[a]uch der Kapitalismus des digitalen Zeitalters funktioniert nicht immateriell. Keine Software kommt ohne Hardware aus. Informationen und Algorithmen brauchen eine materielle Basis in Form von Kabeln, Servern und Speichermedien (Festplatte, Cloud etc.), auf denen sie laufen und durch die sie verbunden werden. Die Kommunikationsnetze zwischen den Geräten müssen erst erschaffen, erhalten und organisiert beziehungsweise reorganisiert werden. Die Digitalisierung im Kapitalismus ist somit nicht umsonst, sondern an physische und materielle Bedingungen gebunden. Informationen entstehen ebenfalls nicht einfach so. Sie zu erzeugen, zu verbreiten und zu speichern kostet Energie."¹⁸²

Industriemaschinen vs. Turingmechanismus

In welchem Verhältnis stehen industrielle Materie und Energie zur aktuellen "post-fordistischen" Informationsökonomie? Mitte April 2021 fand die alljährliche größte Industriemaschinenschau der Welt, die Hannover Messe, pandemiebedingt erstmals nicht auf dem Messegelände, sondern vollständig virtuell statt - anheimgegeben einer proprietären Videokonferenzsoftware namens Zoom, deren amerikanische Betreiber vieles, was hier an Neuerungen im Detail besprochen wurde, bereits zum Risiko von Industriespionage machte.

181 Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2021

182 Christopher Wimmer, *Alter Wein in neuen Schläuchen? Eine Relektüre von Karl Marx vor dem Hintergrund der Digitalisierung*, <http://library.fes.de/pdf-files/studienfoerderung/17482.pdf>, 11 [als *online* Zusatztext zur Originalveröffentlichung von Wolfgang Schröder / Ursula Bitzegeio / Sandra Fischer (Hg.), *Digital Industrie, Algorithmische Arbeit, Gesellschaftliche Transformation*, Bonn (Dietz) 2020]

Gewiss ist zum nächsten Frühjahr 2022 eine Rückkehr in den Realmodus auf dem Hannoveraner Messegelände geplant, doch lässt die Messedirektion jetzt schon wissen, dass es teilweise beim digitalen Format bleiben wird, als Hybrid. Die aktuelle Umverteilung der Präsenzwelt zugunsten ihres digitalen Surrogats - die "große Transkription" - wird nachhaltige Folgen zeitigen.

Medienepistemologisch brisant sind hier konkrete Fragen, etwa die, bis zu welchem Grade sich eine maschinenorientierte Industrieausstellung wie die alljährliche Hannovermesse - pandemiebedingt notwendig - "digitalisieren" lässt. Inwieweit lässt sich die Materialität einer klassischen Maschine "digital" (tele-)kommunizieren und verhandeln? Gelingt dies erst *als* Turingmaschine, gleichsam im eigenen Medium? Interessanterweise tendierte die dafür zuständige Messe, die CeBit, bereits zur Konvergenz mit der Hannovermesse selbst.

An dieser Stelle bedarf es in der Tat der Medientheorie, nämlich zur Begriffsklärung von Maschine im Unterschied zum digitalen Medium. Die klassische Maschine ist ein thermodynamisches Gerät zur Energiewandlung, was von Dampfkraft in Bewegung namens Lokomotive oder Dampfmaschine als Ikonen des klassischen Industriezeitalters. Den Verführungen des sogenannten "steampunk" zum Trotz¹⁸³ ist damit die in dergleichen Epoche konzipierte Analytical Engine von Charles Babbage gerade keine "Engine", weil es bei einer nicht primär (oder notwendig) in Materie und Energie, sondern der Informationsverarbeitung begründeten Maschine um ein anderes Gerät handelt.

Medienarchäologie schaut dabei weniger auf die überlieferten Personenportraits von Babbage und seiner Programmiererin Lady Lovelace - denn deren Erscheinung lassen die Analyse sich in der Ästhetik des Viktorianischen Zeitalters verfangen und setzten damit assoziativ sogleich in den "historistischen" Kontext einer Vergangenheit, die als Prinzip des programmierten Digitalrechnens über 150 hinweg radikal gegenwärtig (geblieben) ist.

Vorweg zeigt die Publikation *Elementary Basic. As chronicled by John H. Watson*¹⁸⁴ als Frontispiz eine Photographie der Analytical Engine, wenige Seiten später dann die Portraits von Babbage und Ada Byron. Demgegenüber zielt daher der medienarchäologische Blick vielmehr auf die Sache(n) selbst, *medias in res*, und das heißt im Falle von Computern: die "Objektivierungen" beider Geister (Hegel), mithin: die Maschine als konkrete Apparatur, und als mathematischer Code.

183 William Gibson / Bruce Sterling, *The Difference Engine*, 1990

184 Hrsg. und kommentiert von Henry Ledgard sowie Andrew Singer, *Vintage Books* 1982

„Digitalisierung“ als Subjekt und Objekt des Museums

Der Internationale Museumstag am 18. Mai macht seit 1978 auf Rolle und Vielfalt von Museen aufmerksam machen. Seit 2020 aber stand diese Rolle unter der besonderen Herausforderung der pandemiebedingten Nicht-Zugänglichkeit und ihrer ersatzweisen Digitalisierung. Ein „Kalenderblatt“ im Deutschlandfunk erinnerte am 13. April 2020, inmitten der weltweiten Corona-Pandemie, an den 150. Gründungstag des Metropolitan Museum of Art in New York – und seine krisenbedingte Schließung aus Anlaß des zirkulierenden COVID-19 Virus. An die Stelle der realen Museumsbesuche aufgrund einer allumfassenden Ausgangsbeschränkung (Lockdown) traten allerorts offensiv *imaginäre Museen*, konkret: virtuelle Rundgänge inmitten digital reproduzierter Werke. Hartnäckig sucht der Diskurs hier die Kluft zwischen dem Regime des Symbolischen (Bitketten) und den Materialitäten des Realen zu überspielen. Doch selbst nach der Rückkehr in Realpräsenz, nach dem weitgehenden Abklingen der Corona-Pandemie, schreibt sich diese Ästhetik unwillkürlich oder gar willkommen fort, denn die digitale Verführung zum Virtuellen bleibt. So läßt Rick Springer, Kurator der Sonderausstellung *Pompeji: Pracht und Untergang*, im Neanderthal Museum bei Düsseldorf, verlauten: "Die Ausstellung ist diesmal ein Experiment. Es gibt weniger Exponate, auch weil die Originale natürlich sehr teuer sind, dafür mehr immersive Inhalte."¹⁸⁵

Am 10. September 2020 stand eine sogenannte Home Delivery Konferenz des pandemiebedingt weitgehend auf *online*-Kanälen realisierten Ars Electronica Festivals in Linz unter dem Titel *Von Minecraft Universitäten und digitalen Museen*, darunter Blockeley, eine virtuelle Abbildung des Universitätscampus Berkeley im Videospiel Minecraft. Darin können die Spieler*innen bekanntermaßen alle möglichen Konstruktionen aus meist würfelförmigen Blöcken in einer 3D-Welt bauen. "Diese digitale Repräsentanz ihres Campus, der durch Covid-19 von einem Moment auf den anderen zum Geisterort wurde, haben Alumni und Studierende der Universität Berkeley erschaffen, um sich nicht ganz aus den Augen zu verlieren, um die Gemeinschaft aufrecht zu erhalten, um dem Lockdown einen Sinn zu geben."¹⁸⁶

Die Webseite der Ars Electronica 2020 präsentiert auch eine künftige Museologie - wobei diese Zukunft längst zur Ankunft (Heidegger) gekommen ist: „Das Museum muss sich im digitalen Zeitalter neu erfinden. [...] Cuseum ist ein amerikanisches Startup, das Produkte wie Apps [...] und eine Augmented-Reality-Plattform für Museen [...]

¹⁸⁵ Zitiert in: Kirsten Gnoth, Wenn die Erde Feuer spuckt, in: WAZ Nr. 282, 5. Dezember 2022, 33

¹⁸⁶ <https://ars.electronica.art/aeblog/de/2020/09/07/home-delivery-conference>, Abruf 12. September 2020

entwickelt."¹⁸⁷ In Wien haben sie in Zusammenarbeit mit dem Museum für Angewandte Kunst "eine AR-Version" (ebd.) des Lebensbaums (Gemälde und Mosaik) von Gustav Klimt geschaffen. Die kritische Frage ist hier, ob es sich noch um *augmented reality* handelt - von der post-pandemisch aus auch in die "neue Normalität" zurückgekehrt werden kann -, oder ob Menschen damit schon im "rechnenden Raum" (Konrad Zuse) *alias* Cyberspace *ge-stellt* sind - in Anlehnung an Heideggers Kritik an der neuzeitlichen Mathematisierung der Natur, und der Eskalation altgriechischer *téchne* zur Technologie als "Ge-stell"¹⁸⁸.

Und der Soziologe Max Weber nannte die Mechanisierung, wenn nicht gar: Algorithmisierung des administrativen Denkens, das "stahlharte Gehäuse", in dem die Gesellschaft sich nun eingerichtet hat.

Der Soziologe und Politologe Karl Wolfgang Deutsch beschrieb diese Lage als Kybernetisierung der Gesellschaft in seinem Buch *Nerves of Government*. Darin untersuchte er unterschiedliche Arten der administrativen Kommunikation und Kontrolle mit Hilfe von kommunikativen Feedback-Prozessen.¹⁸⁹

Interpolation: Zuse und / als die Z3:

Zuse selbst wird aus Anlass seiner öffentlichen Präsentation seines Z3-Rechners heute vor 80 Jahren, am 12. Mai 1941, von ZDF*info* mit folgender Einsicht zitiert: "Die Gefahr, dass der Computer so wird wie der Mensch, ist nicht so groß wie die Gefahr, dass der Mensch so wird wie der Computer."¹⁹⁰ Dies ist noch im Geiste des Turing-Tests gedacht; demgegenüber aber hat die Deep Machine Learning das Mensch-Maschinen-Verhältnisse der Künstlichen Intelligenz wiederum umgekehrt, denn im Unterschied zur symbolischen KI suchen künstliche neuronale Netze menschliche Denk- und Affektwege selbst zu emulieren.

Auch die *Medientageschau* erinnerte am 12. Mai 2021 daran, dass der deutsche Computerpionier Konrad Zuse vor 80 Jahren seinen Z3-Rechner vorstellte.¹⁹¹ Ob damit "[e]ine der größten Revolutionen unserer Zeit - die Digitalisierung" (ebd.) ihren Anfang nahm, ist indessen im Wortsinn von

187 <https://ars.electronica.art/aeblog/de/2020/09/07/home-delivery-conference>, Abruf 12. September 2020

188 Martin Heidegger, Das Ge-stell, in: ders., Bremer und Freiburger Vorträge, Frankfurt / M. (Vittorio Klostermann) 1994, 24-45

189 Eintrag "Karl W. Deutsch", Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Karl_W._Deutsch, Abruf 12. Mai 2021, unter Bezug auf: Karl W. Deutsch, *The Nerves of Government: Models of Political Communication and Control*, New York (NY) 1963

190 Zitiert unter <https://www.instagram.com/p/CFmcP41nwG8/?hl=de>, Abruf 12. Mai 2021

Medienarchäologie fraglich. Denn dieser "Anfang" (altgriechisch *arché*) ist nicht historisch, sondern gleich-ursprünglich (der Doppelsinn von *arché*), insofern das algorithmische *computing* in kulturtechnischen Verfahrensweisen und ihrer Technologisierung vielerorts, und vielzeitig, immerfort schon angelegt war - in wiederholten Anläufen zu einer digitalen Analyse und Modellierung der Welt, etwa durch Charles Babbages Analytical Machine. Rechenwerk, Speicher und Bedienoberfläche sind als wesentliche Bestandteile in diversen Anläufen zum Computer längst vorhanden gewesen. "Das Besondere war, dass die Maschine verschiedene Berechnungen ausführen konnte. Dass sie also programmierbar war", zitiert *tagesschau.de* Horst Zuse, Informatik-Professor und Sohn von Konrad Zuse, im Gespräch. "Das zeichnet den Z3 aus. Seine Funktionsweise findet sich auch heute noch in einem Supercomputer genauso wie in einem Smartphone" (ebd.). "Vor 80 Jahren" meint damit nicht Medienhistorie im Präteritum ("war"), sondern andauernden Perfekt ("ist ... gewesen"). Was unterscheidet Computer *im Prinzip* (logisch) von ihrer Realisierung als Maschine? Die Hardware. "Der Durchbruch kommt mit dem Z3, als Zuse elektromechanische Schalter aus der Telefontechnik, sogenannte Relais, für seinen Rechner verwendet" (Kretschmer a. a. O.). "Die Bestandteile waren damals schon alle bekannt. Aber mein Vater hat aus ihnen eine völlig neue Maschine gebaut", sagt Horst Zuse" (zitiert ebd.). Doch medienepistemisch ist der Computer nicht schlicht eine weitere Maschine in der Tradition der Technikgeschichte und der Rechenmaschinen, sondern stellt den Begriff der Maschine selbst vom Kopf auf die Füße. Mit jedem neuen Programm nämlich wird ein Computer - im Sinne der Emulation spezieller Maschinen durch die Universelle Turingmaschine (UTM) - zu einer neuen Maschine. "Der Z3 wird noch während des Krieges 1943 bei einem Bombenangriff zerstört", kommentiert Kretschmer. Da das Wesen der Komputation (im Unterschied zu konkreten Computern) indessen nicht in seiner jeweiligen Verkörperung liegt, lässt er sich gleichursprünglich wieder(er)bauen.

So ist auch das virtuelle Museum nicht schlicht eine "augmented reality" (AR) realer Museen, sondern versammelt sich mit jeder Software als ein neues Museum - wie die Turingmaschine selbst. Dazu die Macher*innen der Plattform Cuseum: „Wir bei Cuseum haben es uns zur Aufgabe gemacht, Museen und Kultureinrichtungen dabei zu unterstützen, das Besucherengagement durch eine Vielzahl von digitalen Werkzeugen zu beschleunigen“ (zitiert a. a. O.). Dabei lag die traditionelle Funktion des Museums im Medienzeitalter gerade in der *Entschleunigung* der Erfahrung vor dem Original als das, was sich in seiner Materialität (bisläng) der Digitalisierung entzieht. Denn Museen sind im Kern „part of an object-centred culture. Their essential justification is the acquisition,

191 Beitrag von Christian Kretschmer (SWR), Als der Computer auf die Welt kam, <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/80-jahre-computer-konrad-zuse-z3-101.html> Abruf 12. Mai 2021

preservation and interpretation of physical artefacts.“¹⁹² Und diese Materialität von (technischen) Kulturgütern ist kein Mangel des Museums gegenüber virtuellen Welten, sondern sein Allgestaltungsmerkmal.

Grundsätzlich ist mit der Digitalisierung von archivischen Urkunden, musealen Unikaten, und von Druckwerken in Bibliotheken nicht nur ein Verlust an materieller Indexikalität, sondern auch ihrer Autorisierung durch lokale Gedächtnis- und Wissensinstitutionen verbunden. An deren Stelle treten IDs von Servern.

Thema ist hier nicht mehr schlicht der Verlust der Aura des Originals in Zeiten phonographischer und photographischer Reproduzierbarkeit (Benjamin 1936), sondern seine Herausforderung durch Digitalisierung. Denn der Ersatz des realen Museums durch sein virtuelles Ebenbild zeitigt eine nachhaltigere Veränderung der musealen Ästhetik auch über die zeitbedingten Museumsschließungen hinaus.

Noch tendiert die "Digitalisierung" der Museen dazu, die Materialität der musealen Dinge auf ihre zumeist visuelle, ansatzweise auch auditive Sinnlichkeit zu reduzieren - hier gilt nach wie vor die Verengung von Telekommunikation auf sogenannte "AV-Medien". Doch in Museen trägt auch der Geruch der Artefakte zum sinnlichen Wissenserlebnis bei. Und die langjährige Assistentin Michel Foucaults, Arlette Farge, hat auch dem *Goût de L'Archive* einen ganzen Buchtitel gewidmet.¹⁹³ Welchen Wert legen *digital natives* noch auf die authentische und ursprüngliche Aura musealer oder archivischer Materialität, "anstatt sich mit Augmented Reality Chimären zu beschäftigen"¹⁹⁴? Längst schickt sich augmentierte Digitalisierung an, etwa in Form des 3D-Druckers auch Materialität zu teleportieren. "How can we still speak of materiality in this context?"¹⁹⁵

¹⁹² Swade 1992: 206

¹⁹³ Arlette Farge, *Le goût de l'archive*, Paris 1987; *nota bene*: nicht etwas "des archives".

¹⁹⁴ Lily Khositashvili, elektronische Kommunikation vom 12. Mai 2021.

¹⁹⁵ Extended Reality - Code and Materiality in Art and Culture. Interaktive Ausstellung der Forschungsgruppe INKA an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW) mit dem Exzellenzcluster Matters of Activity sowie dem Medientheater der Humboldt-Universität zu Berlin (Pergamonpalais), 3. bis 30. September 2021, <https://www.matters-of-activity.de/de/activities/6078/save-the-date-extended-reality-code-and-materiality-in-art-and-culture>, Abruf 20. Juli 2021. Darunter auch das Projekt Transient Exposure, <https://xr-unites.fki.htw-berlin.de/2021/02/27/xr-kunst-beitrag>, c/o Prof. Susanne Vincenz, MA Choreographie am Hochschulübergreifenden Zentrum Tanz, Berlin

Die materielle Insistenz einer Klangausstellung: eine "Diskriminierung"?

Gerät mit der Virtualisierung von Musealien die bisherige Ästhetik der Materialität von kulturell überlieferten Dingen gegenüber der Digitalisierung an ihre Grenzen, und wird - allgemeiner gesprochen - Materialität als bisheriges "Leitartefakt" von Realität damit überhaupt "musealisiert"?

Im Begleittext zu einer Klanginstallation in der Klosterruine in Berlin-Mitte zwischen Juni und August 2020¹⁹⁶ war die Rede von „der diskriminierenden Vorstellung, dass eine Ausstellung am besten mittels physischer Präsenz erlebt werden kann“.

[Dieser Satz könnte ebenso vom Deutschen Fussballbund stammen, der eine Saison lang die Bundesligaspiele trotz pandemiebedingtem Totalausschluss von Publikum im Stadion vollumfänglich durchführte, als mache dies keine Differenz.]

Ist die klassische „Welt“ damit bereits gegenüber der Digitalisierung in die Defensive geraten?

[Medientheoretische Analyse ist aufgerufen, die Semantik der Medienkultur an ihren neuralgischen Stellen aufzuspüren und weniger ästhetisch denn techniknah, mithin also medienarchäologisch, aufzuhellen. Denn was unter dem Stichwort „Diskriminierung“ zur diskursiven Verhandlung einlädt, entpuppt sich als Fachbegriff im kybernetischen Sinn. Im *Lexikon der Kybernetik* von 1964¹⁹⁷ definiert der Eintrag „Diskriminierung“ als Unterscheidungsfähigkeit von Organismen: „Diskreminierbarkeit ist eine Funktion der Wahrnehmung. Sie ist zwischen zwei Reizen S_1 und S_2 gegeben, wenn diese auf einem Ähnlichkeitskontinuum mindestens um den Betrag der Unterschiedsschwelle voneinander entfernt liegen.“ Genau dies aber ist das (buchstäbliche) Kriterium, mit dem die Qualität des „Digital“rechners auf den New Yorker Macy-Konferenzen bestimmt wurde: die zeitkritische „time of non-reality“ (Norbert Wiener).¹⁹⁸ Zwischen zwei realtechnischen Zuständen existieren zwar unvordenklich überabzählbare („analoge“) Zwischenwerte, doch sie „zählen“ buchstäblich nicht in der symbolischen Maschinenordnung.]

196 Johanna Hedva, *God is an Asphyxiating Black Sauce*, 20. Juni - 3. August 2020, kuratiert von Christopher Weickenmeier

197 Hg. v. A. Müller, Quickborn b. Hamburg (Schnelle), 35

198 Siehe Claus Pias, *Time of Non-Reality. Miszellen zum Thema Zeit und Auflösung*, in: Axel Volmar (Hg.), *Zeitkritische Medien*, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009, 267-279

Tatsächlich bedarf eine medientechnische Klanginstallation, sofern sie an Menschen gerichtet ist, dessen physiologischer Präsenz. Musikalisch geordnete Datenströme mögen zwar von Computern untereinander als "Musik" dekodiert werden, doch für Menschen vermag ein Digitalisat allein noch nicht als Klänge und Worte zu ertönen, sondern erst dann, wenn sie für das menschliche Gehör in mechanische Druckwellen (zurück-)gewandelt werden. Dem entsprachen die drei massiven Lautsprecher als Blick- und Ohrenfang in der Berliner Klosterruine-Installation. Online aber vermag der Ort dieser Lautsprecher an jeden beliebigen Ort dieser Erde verlagert, und damit entmusealisiert zu werden.

Aus den vor Ort installierten Lautsprechern ertönte eine Playlist von Songs aus Alben der Künstlerin sowie Auszüge aus ihrem jüngsten Buch. Diese Klänge sind indes ihrerseits zuvor schon digitalisiert gewesen. Ist damit der Cyberspace, und damit nicht mehr der reale Galerieraum, ihr angemessenerer Ort? Zugleich wird damit die Zeit der Ausstellung entgrenzt, denn in der digitalen Aufzeichnung vermag der Klang zu jedem beliebigen Zeitraum wieder abrufbar zu sein. Der Konzertsaal wird geradezu zum Medienarchiv.

[Klangartefakte ausschließlich in digital(isiert)er Form zu bewahren und zu präsentieren droht indessen das Bewusstsein für die medientechnische Grundlage auditiver Kultur zu "verwässern"¹⁹⁹, auf Kosten der Aussagekraft des technologischen Materials - wie es die Einführung des den Blicken der Zuschauer verborgenen Orchestergrabens im Festspielhaus von Bayreuth durch Richard Wagner bereits eingeleitet hatte.²⁰⁰]

Menschen aber vermögen nicht das Digitale am Cyberspace, sondern nur die Rückverwandlung des Datenstreams in Töne aus dem Lautsprecher zu erfahren. Im Unterschied zum Verschwinden des ultraflachen piezoelektrischen Lautsprechers im PC bringt sich der klassische Membran-Lautsprecher in der musealen Installation in seiner ganzen Schallwellengewalt zur Präsenz. Sich dieser an einem fremden Ort auszusetzen ermöglicht eine Konzentration und Ausgeliefertheit, die am miniaturisierten persönlichen Rechner nicht gegeben ist. Gerade dies läßt

199 So der Schlusssatz der *Dissertation von Sonja Grulke, Sound on Display. Klangartefakte in Ausstellungen*, eingereicht am 2. April 2021 im Fach Medienwissenschaft an der Kultur-, Sozial- und Bildungswissenschaftlichen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, 292

200 Vgl. dazu Friedrich Kittler, *Weltattem. Über Wagners Medientechnologie*, in: *Diskursanalysen, Bd. I: Medien*, hrsg. v. Friedrich A. Kittler / Manfred Schneider / Samuel Weber, Opladen (Westdeutscher Verl.) 1987, 94-107

die Leere der Ruine umso bewußter erleben, die „unbändige Historizität des Ortes“ (Begleittext).

Doch gerade dieser Verortung gegenüber bleibt der Datenstrom indifferent. Dafür stand in dergleichen Installation die „Live Ruin Cam“, die kontinuierlich den Himmel über der Klosterruine ins Internet brachte²⁰¹ und damit nicht nur den Ort, sondern auch die Gegenwart der Ausstellung hybridisierte - zugunsten einer Schizopräsenz. Denn keine digitale Übertragung ist je „live“, sondern als aufwändiger Rechenprozeß immer schon im Verzug zur aktuellen Gegenwart. Diesem tempor(e)alen Verzug entspricht nachrichtentheoretisch die Abstraktion einer physikalischen Umwelt zugunsten einer digital abgetasteten, also gemessenen Information.

Zur Musealisierung von Software - ein "Unding"

Software ist - aus medienarchäologischer Sicht auf technisches "Zeug" - zunächst ein "Unding"²⁰². Software stellt gegenüber der Versammlung materieller Artefakte im Medienarchäologischen Fundus der Humboldt-Universität zu Berlin so etwas wie eine Antithese dar.

"Algorithmen und digitale Informationsprozesse [...] nisten in den kleinsten Objekten und durchdringen alle Lebensbereiche."²⁰³ Gerade weil digitale Codes als Undinge (Flusser) unsichtbar und buchstäblich unbegreiflich sind, galten sie lange als Inbegriff des Immateriellen: "Mit ihrer Hilfe sollte der Widerstand des Materials überwunden und die alte physische Welt ersetzt werden durch eine neue virtuelle, die es erlaubt, die künstlerische Idee unverfälscht zu realisieren" (ebd.). Wer sich indessen als Medienarchäologe (oder *research-based artist*) "auf die inneren Strukturen des Computers einlässt und zum Beispiel selbst programmiert oder Platinen lötet, für den verwandeln sich die abstrakten Algorithmen und digitalen Codes in reales künstlerisches Material" (ebd.). So erweisen sich Codes, Algorithmen und digitale Informationsprozesse nicht - logozentristisch - als bloße Werkzeuge für die Umsetzung einer

201 <http://godsauce.black>, nun deaktiviert

202 Dazu Georg Trogemann (Hg.), Code und Material: Exkursionen ins Undingliche, Wien (Springer) 2010; darin ders., Algorithmen im Alltag (mit Fotografien von Jochen Viehoff), 158-186. Siehe ferner (mit Schwerpunkt auf Programmierung) Vilém Flusser, Das Unding I / II, in: ders., Dinge und Undinge. Phänomenologische Skizzen, München / Wien (Carl Hanser) 1993, 80-89

203 "Produktbeschreibung" (Umschlagtext?) Webseite "bücher.de", unter https://www.buecher.de/shop/buecher/code-und-material-exkursionen-ins-undingliche/broschiertes-buch/products_products/detail/prod_id/38037169/, Abruf 19. Mai 2021

künstlerischen Idee, sondern legen "die inneren Strukturen der digitalen Maschinen selbst" (ebd.) dar.

Die Ausstellung am Heinz Nixdorf MuseumsForum in Paderborn *Die algorithmische Welt – Ablauf, Struktur und Kontrolle in Natur und Alltag*.²⁰⁴ problematisierte es in Ihrer Online-Ankündigung: "Im Gegensatz zur Hardware eines Computers, also Elektronikbauteile, Mikroprozessoren, Kabel und Leiterplatten, ist der Begriff 'Software' deutlich unpräziser gefasst. Aber erst durch die Software kann eine programmierbare Maschine 'Daten' frei strukturieren und manipulieren sowie Interaktionen einbeziehen, so dass vielfältige komplexe Abläufe möglich werden."²⁰⁵

In diesem Zusammenhang fotografierte der Geschäftsführende Direktor des HNF Jochen Viehoff seit 2006 für das Projekt „Die algorithmische Welt“ Szenen und Motive aus Alltag und Natur, um die Prinzipien der Programmierung auf überraschende Weise zu illustrieren. "Dabei verblüffen weit reichende Analogien zwischen Informatik, Natur und unserer vertrauten technisierten Umwelt den Betrachter" (HNF ebd.).

Zu den Photomotiven Viehoffs zählen u. a. Eisenbahnweichen - als Hardware von Software, ganz im Sinne von David Moises' ausgezeichnete Installation auf der Ars Electronica 2004 in Linz: *Turing Train. On Computable Numbers with an Application to the Modelleisenbahn*. Moises berichtet höchstselbst über die technischen Hintergründe dieser Installation und andere Zusammenhänge zwischen Bewegung und Kalkulation:

"'Es gibt keine Turingmaschine, die entscheiden kann, ob eine beliebige andere Turingmaschine je anhält oder nicht.' (Alan Turing, 1937) – Die Turingmaschine, nach Alan M. Turing, war als theoretische Grundlage der Informatik nie dazu gedacht, physisch umgesetzt zu werden, dennoch realisierten Severin Hofmann und David Moises 2004 eine Turingmaschine in der Ausführung einer Modelleisenbahn. Auf einer Fläche von sechs mal fünf Metern wurden 80 Meter Gleis und 50 Weichen verbaut, somit war der "Großrechner" in der Lage Kalkulationen bis Drei auszuführen. Durch die beschauliche Rechengeschwindigkeit war es möglich im Detail Zeuge des Rechenganges zu werden."²⁰⁶

204 Fotoausstellung im Rahmen der Paderborner Fototage vom 6. Juni bis zum 5. September 2010

205 Webseite Heinz Nixdorf MuseumsForum, <https://www.hnf.de/ausstellungen/rueckblick/die-algorithmische-welt.html>, Zugriff 19. Mai 2021

206 Vortrag "Turing Train Terminal" von David Moises, 3. Oktober 2015, im Medientheater der Humboldt-Universität zu Berlin, Webseite [media.ccc.de](https://media.ccc.de/v/vcfb2015_-_39_-_de_-_medientheater_-_201510031500_-), https://media.ccc.de/v/vcfb2015_-_39_-_de_-_medientheater_-_201510031500_-

Lange schon hat die techniknahe Erforschung sogenannter "kritischer Infrastruktur" Konjunktur in der aktueller Medienwissenschaft. Nun konvergiert diese *téchne* mit dem *lógos* der Logistik selbst.²⁰⁷

Innerhalb der Medienwissenschaft hat längst ein Stimmungsumschwung stattgefunden (Matthew Fuller und andere, etwa Lev Manovich). Damit hat sich die kritische Aufmerksamkeit längst von der Hardware-Analyse zugunsten von Software Studies verschoben. Doch Friedrich Kittlers "Es gibt keine Software"-These bleibt weiterhin zu debattieren. Denn der blinde Fleck dieser Perspektive, und zugleich ihre Herausforderung, aber ist die musealen Bewahrung von Software selbst²⁰⁸, in der sich die Unhintergebarkeit ihrer medienarchäologischen Verwurzelung in materieller Technik unerbittlich in Erinnerung ruft.

Emulation als eine neue Form des *musée imaginaire*? Der Computer als Subjekt und Objekt von "Musalisierung"

War der Kerngegenstand musealer Präsentation und Bewahrung die längste Zeit die Materialität kultureller Artefakte, stellt deren Digitalisierung zum *musée imaginaire 2.0* eine Herausforderung dar (in seiner ersten Version, formuliert durch André Malraux²⁰⁹, war noch die Überführung von Kunstobjekten in die Welt ihrer photographischen Schwarz-Weiß-Reproduktion gemeint. Schon damals war mit dem Verlust an materialer Authentizität und "Aura" (Benjamin) ein Gewinn ein "Intelligibilität" (Malraux) verbunden, da erst der massenhafte Vergleich standardisierter photographischer Reproduktionen von weltweiten Kunstwerken im Studio des Kunstwissenschaftlers vergleichende Stilanalysen ermöglichte. Inwiefern gewinnt das Museum an Intelligibilität durch die Digitalisierung seiner Ausstellungs- und Magazingegenstände?

_on_computable_numbers_with_an_application_to_the_modelleisenbahn_-_david_moises, "Abstract"

207 Siehe Lisa Parks / Nicole Starosielski (eds.), *Signal Traffic. Critical Studies of Media Infrastructures*, Urbana / Chicago / Springfield (Univ. of Illinois Pr.) 2015, sowie die Ringvorlesung *Die Rohstoffe der Medien*] im SS 2021 am Fachbereich Medienwissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin (c/o Viktoria Tkaczyk / Christine von Oertzen)

208 Dazu Doron Swade, *Collecting Software: Preserving Information in an Object-Centred Culture*, in: *History and Computing* Vol. 4 No 3 (1992), 206-210, sowie Friedrich Kittler, *Museen an der digitalen Grenze*, in: Philine Helas (Hg.), *Bild/Geschichte. Festschrift für Horst Bredekamp*. Berlin (Akademie-Verlag) 2007, 109-118

209 André Malraux, *Psychologie der Kunst. Das imaginäre Museum*, Reinbek b. Hamburg 1957 [*Baden-Baden 1947]

Medienarchäologische Analyse nimmt diese Frage zum Anlass, das Dilemma von Gewinn und Verlust von "Welt" durch Digitalisierung medienepistemologisch zu akzentuieren, indem sie die Musealisierung des Computers selbst, und seine Verschränkung von Hard- und / als Software zum Thema macht- und in aller medienarchäologischen Radikalität hinterfragt, ob nicht die kategoriale und begriffliche Trennung respektive Dichotomie von Hard- und Software nicht schon der Sündenfall gegenüber einer gleichursprünglichen Verstrickung respektive *entanglement* im Sinne der *Technólogos*-Hypothese darstellt.

Im Paradigmenwechsel vom menschenseitigen *disegno* zum automatisierten Entwurf hochintegrierter Schaltkreise (ICs) war es in den 1980er Jahren der ökonomische Druck, der von der vertrauten Abfolge Entwurf / Implementierung zur Gleichzeitigkeit von physikalischem (*hard-wiring*) und logischen Entwurf als techno-logischem *entanglement* führte. *Technólogos* emergiert gleichursprünglich gegenüber der kartesischen Dichotomie von Hard- und Software im symbolisch-realen Spiel zwischen Algorithmus und (respektive *als*) tatsächlicher Verschaltung (als elektrotechnische "Verdrahtung zwischen einzelnen elektrischen Bauelementen"²¹⁰).

"Die Hybridität des Computers besteht [...] in seiner materiellen Form, deren Funktion durch Software vorgegeben, quasi 'beschrieben' werden kann, weil auch die formalisierte Logik seiner Operationen in der Hardware eingeschrieben sind."²¹¹ Die Begegnung und Verschränkung von symbolischer Ordnung und materiellem Realen stellt das Kernthema der *Technólogos*-Hypothese dar, dem die Informatik aber gemeinhin durch einseitige Dichtomisierung entgeht: „Software [...] is usually defined negatively - that is to say, a component of computer systems distinct from hardware."²¹² Der Oxford Dictionary of Computing definiert Software als "a generic term for those components of a computer system that are intangible rather than physical" (zitiert ebd.), und Prentice Hall's Illustrated Dictionary of Computing "irreversibly severs ["abstrengen"] the material link by noting that 'software is independent of the carrier used for transport'. The non-material features of software have ominous

210 <https://de.wikipedia.org/wiki/Verschaltung>, Abruf 14. July 2024. Siehe auch Christina Dörfling, *Der Schwingkreis. Schaltungsgeschichten an den Rändern von Musik und Medien*, München (Fink) 2022

211 Simon Pleikies, *Informationssysteme ausstellen und bewahren. Herausforderungen und Perspektiven*, schriftliche Modulabschlussprüfung (Masterstudien-Modul VI "Epistemologie, Archäologie und Zeitlichkeit technischer Medien"), August 2020

212 Doron Swade, *Collecting Software: Preserving Information in an Object-Centred Culture*, in: U. Hashagen / R. Keil-Slawik / A. L. Norberg (eds), *History of Computing: Software Issues*, Berlin / Heidelberg (Springer) 2002, 227-235 (227)

implications.“²¹³ Doch das Einzige, von dem auch Software nicht "abgetrennt" werden kann, ist das Stromkabel. Algorithmen von vornherein (*a priori*) als von Energie und Materie unabhängig zu denken ist eine logozentristische Verfehlung ihrer *différance*. Selbst Turings abstrakte "Papiermaschine" verlangt - wie der Name schon sagt - irreduzibel bereits nach Papier, Bleistift und Radiergummi. Dem setzt Friedrich Kittler - zugunsten des klassischen Museums auch im Medienkontext - die „[...] Unabdingbarkeit und folglich auch für die Vorgängigkeit von Hardware“²¹⁴, und die Forderung nach einem Archiv der Algorithmen beiseite²¹⁵, das in seinem Primat von Lauffähigkeit immer auch die Hardware zur realen Verkörperung von Betriebssystemen erster (materialer) Ordnung verlangt, auf denen dann virtuelle Maschinen (zweiter Ordnung) "emuliert" werden können. wie es mit dem GitHub Archive Project seit 2020 unter arktischen Temperaturen in Angriff genommen wurde.²¹⁶ „Jüngst lieferte die quelloffene Entwicklung der Corona-Warn-App ein medial beachtetes Beispiel für offene Software. Der Quellcode ist auf Microsofts GitHub einsehbar.“²¹⁷ Das notwendige Gegenstück dazu ist „open hardware“ im doppelten medienarchäologischen und -archivischen Sinn.²¹⁸

Der Computer in seiner Doppelseigenschaft als Hard- *und* Software stellt damit einen Sonderfall für museale Digitalisierung dar und erfordert von daher eine zweigleisige Musealisierung und Archivierung.²¹⁹ Während ein Computerspiel auf antiker Hardware und seine Emulation auf einem aktuellen Computer für das kognitiv Imaginäre in der menschlichen Psyche vieler Spieler (im phänomenologischen Sinne) kaum einen Unterschied macht, zählt dieser im operativ Realen umso unerbittlicher. Was für die *computation* als symbolische Maschine kaum zählt, ist umso unerbittlicher die Voraussetzung für tatsächliches *computing*: Materie und Energie, Hardware und Strom des Rechners. Die Emulation ist als medienontologischer Begriff ein genuines Produkt der Theorie (und

213 Swade 2002: 227

214 Friedrich Kittler, Es gibt keine Software, in: ders., Draculas Vermächtnis: Technische Schriften, Leipzig (Reclam) 1993, 237

215 Friedrich Kittler, Museen an der digitalen Grenze, in: Philine Helas (Hg.), Bild/Geschichte. Festschrift für Horst Bredekamp. Berlin (Akademie-Verlag) 2007, 109-118

216 Dazu Julia Metcalf, GitHub Archive Program: the journey of the world's open source code to the Arctic (16. Juli 2020), <https://github.blog/2020-07-16-github-archive-program-the-journey-of-the-worlds-open-source-code-to-the-arctic>

217 Pleikies 2020, unter Bezug auf <https://github.com/corona-warn-app>

218 Siehe Leonhard Dobusch. Offene DIN-Norm für Offene Hardware, <https://netzpolitik.org/2020/offene-din-norm-fuer-offene-hardware>

219 Siehe auch Friedrich Kittler, Museen an der digitalen Grenze, in: Philine Helas (Hg.), Bild/Geschichte. Festschrift für Horst Bredekamp. Berlin (Akademie-Verlag) 2007, 109-118

nachfolgenden Epoche) der Universellen Turingmaschine, anstelle bisheriger Kulturtechniken der theatralischen Simulation. Doch das Konzept der funktionalen Emulation von Rechenprozessen gerät dort, wo Algorithmen als Software auf Hardware treffen, an seine Grenzen. Betriebssysteme von Computern lassen sich funktional emulieren, nur im Prinzip (auf der Ebene der Schaltpläne) aber die schiere Elektrophysik des Computers selbst.

Dahingehend unterscheidet sich auch das Museum von seinen virtuellen Konkurrenten in den Bildwelten des Wissens. Was das Museum – analog zum universitären Hörsaal und seinen Seminarräumen – zum „anderen Ort“, zur Heterotopie macht, ist die unvordenkliche Präsenz des musealen Objekts, das als hochaufgelöstes, gesampeltes Digitalisat bestenfalls ein Simulakrum darstellt, bis hin zu seiner vollständigen Transsubstantiation als wiedergeborenes Objekt aus dem 3D-Drucker.

Museumsbesuche finden in Zeiten pandemiebedingten Lockdowns auf der heimischen Festplatte statt. "Grenzenlose Verfügbarkeit in einem Kunstraum ohne Wände" verhiess einmal die TV-Ansage zum Film *Das imaginäre Museum* von Henning Burk.²²⁰ Nicht nur die Kunst, auch Geschichte als symbolisch verzeichnete Vergangenheit wird im imaginären Museum verfügbar.²²¹ Inzwischen gibt es bereits Museen, die nicht mehr real erbaut werden, sondern nurmehr als virtuelle, d. h. algorithmisch durchgerechnete und prozessierte Erscheinung, im Cyberspace, existieren. Solche Museen stellen nicht mehr real existierende Räume dar, als architektonische Hardware, sondern werden im digitalen „Raum“ - der recht eigentlich vielmehr eine mathematische Topologie, mithin Computergraphik ist - überhaupt erst gebildet. Ihre "Architektur" ist eine abstrakte, die sogenannte von Neumann-"Architektur" speicherprogrammierbarer Computer.

Seit Anfang des 19. Jahrhunderts florierten bereits weltweit immersive Illusionsräume wie das Rundum-Panorama (als *moving panorama* gar mit wechselndem Programm²²²), später erst abgelöst durch das Kino. Doch wirklich autorisiert wurden solche Panoramen als Vorformen von Augmented Reality erst durch das Einstreuen realer Objekte in die gemalten Kulturlandschaften.

Erst die stereoskopische Photowiedergabe hatte ein buchstäblich virtuelles Raumgefühl erzeugt – auf dieser Ebene ein rein kognitives Konstrukt, wie es erst im Hirn des Betrachters entsteht. Das Panorama

220 ARTE Themenabend: Das Gedächtnis der Welt – Museum, 27. Mai 1997. Siehe André Malraux, *Das imaginäre Museum* [FO 1947], Frankfurt / M. (Campus) 1987

221 In diesem Sinne etwa Jeffrey Shaw / Tjebbe Van Tijen, *Un Musée imaginaire de la Révolution*, Amsterdam (De Struikroev) 1988

222 Siehe Erkki Huhtamo, *Illusions in Motion. Media Archaeology of the Moving Panorama and Related Spectacles*, Cambridge, Mass. / London (MIT Press) 2013

am Beginn des 21. Jahrhunderts mit seinen schnellen Bildwechseln in MTV-Ästhetik sind nicht mehr bemalte Wände, sondern Computermonitore oder ihre Übersetzung in den dreidimensionalen Raum. Deren Bezeichnung als *caves* ist - von Seiten des *Technólogos* ebenso wie medienpolitisch - eine bewußte Erinnerung des Höhlengleichnisses in Platons Schrift über den *Staat* - oder auch unwillkürliche Rekursion im techno-logischen Unbewusstsein der Kultur.

(K)Eine medienmuseale Demonstration: Bits bitweise übertragen

Am 15. Dezember 2020 wurde im Oldenburger Computermuseum eine virtuelle Museumserfahrung ihrer Objekte ins Werk gesetzt, um neue Perspektiven auf ansonsten bekannte Homecomputersysteme zu eröffnen, d. h. sie entgegen ihrer ursprünglichen Zweckbestimmung" - mithin anachronistisch - zu nutzen und zu beschreiben. Der Autor des OCM Museumskatalogs, Stefan Höltgen, und der Studierende und staatliche geprüfte Elektrotechniker Thomas Fecker, legten "eine computerarchäologische Spur durch die Ausstellungsräume. Für diese ungewohnte Erschließung der Sammlung des OCM und ihre subakademische Unterwanderung waren nicht nur medienwissenschaftlicher "Mut zur Dekontextualisierung" und zur medienarchäologischen "Dekonstruktion" vonnöten, sondern vor allem das Werkzeug technischer Medienanalyse schlechthin, sprich: "mehrere Schraubenzieher notwendig"²²³ - dessen offizielle Benennung als "Schraubendreher" (in Normen wie DIN) sich im allgemeinen Sprachgebrauch kaum durchgesetzt hat.

[Der medienarchäologischen Insistenz auf technischer Medienanalyse ist kürzlich der US-amerikanische Präsident Biden beigefallen, mit einer Executive Order, welche die prinzipielle Reparierbarkeit von Kommunikationsgerät durch ihre Nutzer ("DIY") sichert gegenüber einer fortschreitenden Tendenz von Seiten der Industrie, Mediengerät zu versiegeln²²⁴ - als auch hardwareseitiger *protected mode*.]

Bewahrt er auch noch in der digitalen, also non-invasiven Übertragung seines Einsatzes in der Hardware-Analyse - etwa als Videoübertragung aus dem Signallabor - die argumentative Plausibilität seines Einsatzes?

223 "(Re)Livestream vom 15.12.2020 - Archäologische Unterwanderung des OCM", <https://www.youtube.com/watch?v=M1RjxtrfNdQ>, Abruf 16. Dezember 2020; Text: Museumsleiter Thiemo Eddiks

224 Dazu die Meldung von Lauren Goode (9. Juli 2021), Joe Biden Wants You to Be Able to Fix Your Own Damn iPhones, in: Wired, <https://www.wired.com/story/biden-executive-order-right-to-repair>, Abruf 14. Juli 2021

Wird er damit nicht vielmehr in der telekommunikativen Übertragung, von einem "zuhandenen" Werkzeug zu einem schlicht "vorhandenen"?²²⁵

Im Anschluss daran sei also gefragt: Bildet das Programmieren als symbolische Verknüpfung in Software ein gleichursprüngliches Äquivalent zum Löten respektive *hard wiring* in elektrotechnischer Hardware?

Am 17. Juni 2021 gewährte die Medienwissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin aus ihrem Medienarchäologischen Fundus und dem Signallabor Einblicke in das Selbstverständnis und die Praxis beider Funktionsräume ihres Studienfachs. Die virtuellen Einblicke in MAF und Signallabor waren "hosted" von Ljudmila, dem Art and Science Laboratory - und "hackerspace" - im slowenischen Ljubljana im Rahmen der Vortragsreihe "Digital Dish". Unter der herkömmlichen Variable "LOCATION" war in der Ankündigung in den Social Media-Netzen bezeichnenderweise "online (Zoom)" eingetragen - die akademische Wissensübertragung ist nur noch als Bildschirmeffekt lokalisierbar. Als Infrastruktur ist die universitäre Lehre längst ortlos geworden, aber dennoch keine Utopie. Vielmehr tritt an die Stelle des vormals gemeinsam geteilten Ortes eine Adressierungsstruktur.

Drei Semestern lang, von April 2020 bis September 2021, war Studierenden der reale Zugang zu MAF und Signallabor verwehrt; die Einblicke erfolgten "virtuell". Diese Situation ruft die medientheoretische Diskussion der "Digitalisierung" des Museums und anderer Formen dinglicher Realpräsenz, auf.

Die Besonderheit von Artefakten im MAF und Signallabor liegt darin, dass technische Medien weder auf spekulative Gegenstände wie in der Philosophie, noch auf ihre materielle Existenz zu reduzieren sind. Ihre kritische Analyse verlangt vielmehr einen Begriff ihrer *operativen Präsenz* und kann von daher nicht auf die bloße Illustration in Texten, oder das immobile Objekt in Museumsvitrinen reduziert werden. Dem entsprechen in der Computer(spiel)szene der Begriff und das Selbstverständnis der "Demo": Hard- und Software zeigen hier ihre Leistungsfähigkeit im risikobehafteten "live"-Moment, im Unterschied zur bloßen Wiedergabe einer Aufzeichnung, die immer schon auf der sicheren Seite des Speichermediums steht.

Zum Wesen wissenschaftlicher Erkenntnis gehört die Hinterfragung. Im Falle der Medienwissenschaft geschieht dies nicht nur von Seiten diskursiver Dialogpartner (wie in Platons "sokratischen" Dialogen), sondern die Interventionen und "Vetos" artikulieren sich ebenso von Seiten der Medientechnik selbst. Ein medienphilosophischer Gesprächspartner würde fragen, ob es in Zeiten der Online-Lehre denn

225 Die technikphilosophische Referenz ist hier selbstredend Martin Heideggers Grundlagenwerk *Sein und Zeit* von 1927

für Studierende am heimischen Monitor überhaupt einen Unterschied macht, ob dabei eine Videoaufzeichnung oder ein Livestream des technischen Objekts "im Vollzug" übermittelt wird. Die (ihrerseits) technische Vermittlung eines Gegenwartseindrucks oszilliert heutzutage zwischen "analog" und "digital", zwischen *live*-Übertragung und Echtzeit-Prozessierung. "One can no longer distinguish, visually or aurally, between that which is reproduced and its reproduction [...] not even discern *that* or *when* reproduction or repetition, in the manifest sense of recording or replaying, is taking place. We must be informed whether or not what we are seeing is 'live'. [...] we cannot distinguish through our senses alone between what we take to be simply 'alive' and what as reproduction, separated from its origin, is structurally posthumous [...]."226

Was auch im Falle operativer Medien den Unterschied zwischen "live" und "on tape" macht, ist das Verhalten der Demonstratoren im Moment der Handhabung des technischen Geräts, das technische Risiko des sprichwörtlichen "Vorführeffekts" sowie die Spontanität der Kommentierung - mithin der korporeale "Habitus" sowie weitere paratechnische Indikatoren.

Zu den im Verlauf des "Digital Dish" auf den medienanatomischen Seziertisch (die Werkbank) des Medienarchäologischen Fundus aus den Regalen genommenen Artefakten gehörte auch der auf der Basis von Elektronenröhren von einem Team um Henry Westphal (TIGRIS Elektronik, Berlin) im Rahmen der FG Elektronik und medizinische Signalverarbeitung an der Technischen Universität Berlin konstruierte "Flipflop-Demonstrator". In bewußt medienarchäologischer Vereinfachung und Vergrößerung zugunsten des basalen Prinzips (*arché*) stellt der Flipflop-Demonstrator eine (Wieder-)Versinnlichung des ansonsten nur als intellektuelles Grundelement des Digitalen existierenden "Bit" als Funktion einer Schaltung. Im dazu passenden *Schaltbild* - demgegenüber das materielle Ensemble eine Form operativer Grammatik darstellt - "erkennt man, dass anstelle der sonst üblichen Anodenwiderstände Glühlampen mit den Kennwerten 220V/20mA verwendet werden. Damit ist eine unmittelbare Anzeige des Schaltzustandes möglich."²²⁷ Während also etwa die Glimmplampe in einem Phasenprüfer den elektrischen Wechselstrom aus der Steckdose selbst anzeigt, dient sie hier der elektronischen Anzeige der kleinsten Informationseinheit namens Bit.

226 Samuel M. Weber, *Mass Mediauras: Essays on Art, Technics and Media*, Publications of the Power Institute, Sydney, Stanford UP 1996, 121

227 Online-Eintrag der Projektgruppe "Historische Digitaltechnik" an der Technischen Universität, Berlin: "Flipflop-Demonstrator mit Trioden aus den 1920'er Jahren",

https://www.emsp.tu-berlin.de/menue/studium_und_lehre/mixed_signal_baugruppen_alt/digitaltechnik_back_to_the_roots/flipflop_demonstrator_mit_trioden_aus_den_1920er_jahren, Abruf 11. März 2021

Zugleich abstrahiert respektive idealisiert diese binäre "0 / 1"-Anzeige, was im Realen der elektrotechnischen Verschaltung noch anders wirkt: denn es wird keineswegs zwischen "anwesend" und "abwesend" umgeschaltet (samt aller metaphysischen Konnotationen), sondern auch der "Aus"-Zustand bedarf bereits einer grundlegenden Arbeitsspannung, des *bias*. Diese minimale Spannung ist eine Voraussetzung des "Bit" im elektronischen Vollzug. Ein Phasenprüfer misst den (Wechsel-)Strom am Transformator, ein Logikanalysator die konkreten bitweisen Operationen. Beides sind Ereignisse des Computers, als Koexistenz von Elektrik und Elektronik, materialer / energetischer Verkörperung und intelligenter Steuerung. Die Signalfunktion der Glimmlampen im Flipflop-Demonstrator ist nicht nur auf den diskreten Schaltprozess beschränkt, sondern indiziert ebenso die Stromspannung am Transformator selbst, der eben nicht das Äußere der binären Signalverarbeitung darstellt, sondern ihr notwendiges *parergon*.

Zugleich wird damit die anhand der Virtualisierung des Technikmuseums in Zeiten der pandemischen Krise bereits formulierte Frage wieder aufgeworfen, in welchem Maße eine digital gesampelte Aufnahme das Wesen des *Mediums im Vollzug* zu "übertragen" vermag. Was hier konkret *gestreamt* wird, sind nicht Objekte, sondern Bits. Hier nun wird das Bit zum Subjekt und Objekt seiner selbst. Die Informationseinheit namens Bit (eine logozentristische Idealisierung?) lässt sich ebenso optisch wie auch spannungstechnisch verkörpert übertragen. Entscheidend ist auch hier der Unterschied zwischen "elektrisch" und "elektronisch" - den McLuhan im notorischen Kapitel 1 von *Understanding Media* bisweilen übersieht. Gewiss lässt sich eine Glühlampe per Stromschalter an- und ausschalten und somit bitweise Information kodieren. Nun ist die Elektronenröhre (samt ihren Nachfolgern Transistor, und ICs) zwar ein offen-sichtlicher Nachfolger der Glühlampe (Stichwort Edison-Effekt / Diode), doch die medienepistemische Delikatesse liegt im Sprung von Elektrik zu Elektronik, von der Energie zur Information. Denn überkreuz geschaltete Elektronenröhren erlauben das Festhalten eines Bit vermittelt kleinster elektrischer Impulse, deren Zweck nicht mehr in erster Linie Energie, sondern Steuerung kleinster Ströme als Kodierung von Information ist. Auf der Basis einer elektrischen Spannung kommen hier kleinste elektronische Ströme zum Einsatz, was eine potentielle Eskalation hinsichtlich Geschwindigkeit und Effizienz - und damit erst den Erfolg es vollelektronischen Computers - ermöglichte.

Mit der "bitweisen" Übertragung eines Bit ist die Digitalisierung zugleich Subjekt wie Objekt des Medienereignisses- ohne dass diese Dichotomie damit (im Sinne von Karen Barad) aufgehoben wird.

Damit geht zugleich ein zeitkritisches Momentum einher, denn McLuhans medientheoretischer Kernsatz "the medium is the message" wird hier zur eigentlichen Bedeutung dessen, was ansonsten als Instant Messaging

vertraut ist: die "sofortige Nachrichtenübermittlung" respektive "Nachrichtensofortversand" als eine Form, bei der Teilnehmer per Textnachrichten kommunizieren - nur dass hier an die Stelle des Alphabets der numerische Code tritt. Die vom Absender ausgelösten Nachrichten sollen "möglichst unmittelbar [...] beim Empfänger ankommen"²²⁸ - als sei kein zwischenzeitlicher Übertragungskanal im Spiel.

Im Falle des Flipflop-Demonstrators steht kein metaphorisches Interface zwischen digitaler Medientechnik und menschlichem Beobachter. Kein Interface gibt hier einen bloß symbolisch vermittelten Eindruck dessen, was sich im Innern des elektronischen Mechanismus ereignet. Ein optisches Interface ist als Peripheriegerät (nicht "wesentlich") des Computers eine doppelte Übersetzung: aus dem Realen der Stromspannungen in elektrotechnischen Prozessoren über das Symbolische als ihr informationstheoretischer Begriff bis hin zur Ausgabe im Imaginären des Bildschirms. Was Kittlers *Grammophon-Film-Typewriter* zunächst noch anhand autonomer Medientechniken beschreibt, wird *im* (oder *als*) Computer schlichtweg "aufgehoben".

Die Signalisierung (im doppelten, ebenso anzeigenden wie realgeschehenden Sinne) ist beim Flipflop-Demonstrator *pars pro toto* in das Ereignis des Digitalen selbst eingeschaltet, im Kern verkörpert durch zwei der Radiotechnik entborgten Elektronenröhren. Dies entspricht nicht dem sprichwörtlichen "in die Röhre gucken" am klassischen Fernseher, sowie Video- und Computermonitor, dessen Mattscheibe nichts Anderes war als ein nach Aussen gestülptes innertechnisches Bauelement - geradezu "obszön" (engl. *obscene*) im alternativen Sinne der Wortherkunft, nämlich abgeleitet von der medientheatralischen Szene. Die aktuelle Metapher für das Videoportal "YouTube" verschleiert damit gerade jene digitale Differenz, dem es seine ganze Macht verdankt.

In Form von An / Aus-Schaltungen (*set / reset*) kann der gezeigte "Inhalt" des Flipflop-Demonstrator in der digitalen Übertragung sich als Botschaft dieses Mediums selbst artikulieren. Sein Informationswert bleibt auch in der scheinbar bloß optischen Übertragung - gleich der optischen Telegraphie in der griechischen Antike - erhalten. Die übertragungstechnische Auflösung in Bitketten ist demgegenüber eine Information der Information - anders als die Modulation von Luftmolekülen in der akustischen Kommunikation, oder die elektromagnetischen Wellen des Lichts.

Das "virtuelle Labor": Elektrizität im Symbolischen wie im Realen erkunden

²²⁸ Eintrag "Instant Messaging", https://de.wikipedia.org/wiki/Instant_Messaging, Abruf 23. Juni 2021

Stefan Jellinek als Pionier der Elektropathologie als "Grenzgebiet zwischen Medizin und Technik"²²⁹ richtete 1899 eine Sammlung von Unfallgeräten in einem Krankenhaus in Wien ein, die letztendlich ins Wiener Technische Museum überführt wurde. Hier bietet es sich nicht nur an, aus Gründen des Besucherschutzes diesen Bestand in eine Webseiten-Präsentation zu überführen, sondern im Sinne des geschlossenen Stromkreises interaktiv über die schlichte Form einer passiven Online-Präsentation hinauszugehen. Das "digitale" Museum, das seine Erdung in der konkrete Mikroelektronik dissimuliert, macht sich dann ehrlich, wenn Stromkreise selbst ihr operatives Thema werden. Ansatzweise - allerdings nicht in Form von Stromimpulsen, sondern digitalen Animationen (GIFs) - ist dies im "virtuellen Labor" realisiert, in Form einer interaktiven CD-ROM als Beigabe zum Katalog der ehemaligen Physiologischen Mess- und Testgerätesammlung an der Humboldt-Universität (nun Charité) zu Berlin.

Beim "virtuellen Labor" handelt es sich um die virtuellen Animationen der archaischen Testgerätschaften, die bei einer Bodenentrümpelung im Physiologischen Institut der Charité in der Hessischen Straße aufgefunden wurden, und im größeren Zusammenhang steht die Frage im Raum, inwieweit techniknahe Medienanalyse auch im virtuellen Raum stattfinden kann. Zugespitzt formuliert: Darf das Medientheater selbst "in den digitalen Medien aufgehoben" sein, oder bedarf es gerade seiner (elektro-)physikalisch realen "Erdung"?

[Alte Inventarisierungsmarken wiesen darauf hin, dass es sich mit diesen Apparaturen um die Instrumentensammlung des vormaligen Instituts in der Dorotheenstraße handelte, dereinst von Emil du Bois-Reymond gegründet und 1877 eröffnet.]

Ein Teil der aufgefundenen Geräte erwies sich als "voll funktionstüchtig" und vermochte damit "das technische Knowhow analoger Funktionsmesstechnik der letzten beiden DDR-Jahrzehnte[n] wider[zu]spiegeln [...]" (Heinemann ebd.). Aktuelle digitale Mess- und automatisierten Auswerttechniken machen solche analogen Hinterlassenschaften nicht obsolet, sondern weisen ihnen schlicht einen neuen Ort im Wissenskosmos operativer Medien zu. Zwar haben es inzwischen integrierte und miniaturisierte elektronische Bausteine auf elektrotechnischer Seite, und "Digitalisierung" auf der Software-Seite ermöglicht, "dass sich der Arbeitsgegenstand der Physiologie immer mehr auch in den Mikrokosmos" verlagert - und in die Simulation von Computermodellen. "Aber die Anschaulichkeit, wie sich ein physiologischer Prozess in eine Messwertfunktion umsetzt, was [...] dem

229 Siehe

https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Elektropathologische_Sammlung.
Zugriff 9. Juni 2021

Physiologen Carl Ludwig mit seiner Erfindung des Kymographions 1846 gelang und damit die Physiologie aus der Umklammerung der Anatomie löste, ist weitgehend verloren gegangen"²³⁰ - und damit auch die anschauliche Evidenz dessen, wie aus physiologischer Registrierung der Scottsche und Edisonsche Phon(aut)ograph resultierten. Aus dem Messmedium Kymograph resultierten Massenmedien.

Es wurde daraufhin für die physiologischen Artefakte beschlossen, "diese nun veralteten, aber anschaulichen Gerätschaften für schöpferisches interaktives Spielen mit ihnen vorzubereiten. "Denn das Erlernen und Begreifen eines komplexen physiologischen Prozesses fällt leichter, wenn man weiß, wie und womit er erfasst wurde" (Heinemann ebd.).

Die Zukunft des Museums als virtuelles ist in der Tat interaktiv. So schreibt es aus dem digitalen "off" der Vorlesung *Techniknahe Medienanalyse*²³¹ auch Florian Rumberg in seinem "Essay über neue virtuelle Räume und deren Rezeption" mit besonderem Blick auf medientechnische Sammlungen. Geradezu in Echtzeit läßt sich dieses Testat bereits in die noch laufende Argumentation einbauen.

"Um [...] medienhistorische Gegenstände erfahrbar zu machen und daraus zu lernen, ist es unabdingbar, ihre Funktionsweise und deren Aufbau selbstständig zu begreifen" (Rumberg). "Dieses Prinzip gilt [...] sowohl für den virtuellen als auch den realen Raum" (Rumberg ebd.) - indessen auf verschiedenen Wegen, mit verschiedenen Qualitäten. Während das "Begreifen" im Realen haptisch gemeint ist, und damit buchstäblich "digital", geht es in der nachrichtentechnischen "Digitalisierung" gerade verloren. Im Gegenzug ermöglicht das Konzept der Augmented Reality (im Unterschied zur vollumfänglichen "VR") mithilfe von VR-Brillen wie etwa der Microsoft HoloLens ein erhöhtes Maß an - zumindest imaginärer - Interaktion und Immersion, die zu einer "hochintensiven" Objektwahrnehmung führt. In genau diesem Sinne versteht McLuhan "heiße" Medien als *high definition* - indessen um den Preis der "Ausblendung der wahren Realität" (Rumberg), sprich: der physikalischen Wirklichkeit - hier ganz im Sinne des Höhlengleichnisses in Platons *Polieia*.

Es mag zwar für einen solchen Höhlenbewohner respektive *user* einer VR unerheblich *erscheinen*, "ob seine Realität nur simuliert ist, solange sich diese für ihn echt anfühlt" (Rumberg). Techniknahe Medienanalyse aber ist gerade hier um Aufklärung und kritische Desillusionierung bemüht. Denn mit dem Schraubendreher läßt sich die Black Box eines VR-Medienobjekts nur dann öffnen, wenn es vorher so programmiert wurde.

230 Heinemann, "Vorwort" zum Katalog

231 Sommersemester 2021, BA-Studium der Medienwissenschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin

Das Opfer für den Gewinn an Immersion ist "die haptische Erfahrung von Materialität" (Rumberg), als eine entscheidende Sinneswahrnehmung, die in VR bislang noch nicht zur Sprache" kommt - respektive vom digitalen *Technólogos* verschwiegen wird. Haptik zählt zu den zentralen zwischenmenschlichen Kommunikationskanälen und ist bislang nur ansatzweise von Robotik und telekommunikativen Berührungssensoren ersetzbar. Hier geraten die Online-Kommunikation und die "Digitalisierung" noch an ihre Grenzen. Was aber, wenn "Deep" Machine Learning die Haptik wenn schon nicht auf der physiologischen (Haut-)Oberfläche, sondern im neuronalen Akt (als Affekt) zu emulieren vermag, und menschliche Wahrnehmung auf ihrem intimsten Niveau als elektrochemischen Mechanismus entlarvt?

"Um die Attraktivität" des Katalogs der antiken physiologischen Gerätesammlung an der Charité "zu steigern, wurde [...] eine CD zum Katalog erstellt, die einige historische Versuche 'reanimiert'", heißt es in dessen "Vorwort".²³² Um dieses "virtuelle Labor" jedoch zu aktivieren, ist eine wahrhaft medienarchäologische Operation vonnöten: ein nicht allzu neuer PC, der eben noch über ein CD-Laufwerk für externe Speicher verfügt. Erst damit lässt sich die dem Katalog der Historischen Instrumentensammlung des Johann-Müller-Instituts für Physiologie beigefügte CD-ROM aktivieren, die ansonsten für Menschen als Medienobjekt unlesbar bleibt.

[So kommt es zum *re-entry* des Kymographion als bewegter Zylinder zur Signalaufzeichnung als digitaler Double auf der ebenso kreisenden *disc* einer CD-ROM. Wie indessen der Name des "Read-Only Memory" schon sagt: nur der Computer kann dies lesen. Die Anschaulichkeit des physiologischen Geräts ist nicht mehr gegeben, sondern wird zuallererst *medienaktive* Bildverarbeitung und damit post-human.]

Das Laufwerkproblem erinnert in diesem Fall an ein strukturelles Defizit aller virtuellen Museen. Ein Argument für die digitale Transkription medienarchäologischer Sammlungen ist die Schonung des Originals durch die Replik, denn es sind "zunehmend weniger Bauteile zur Reparatur" (hoch-)technischer Gerätschaften vorhanden - etwa Original-Elektronenröhren, welche dann einen operativen Mitvollzug ihres Medienwesens "vor Ort" (das heißt: als Szene im Medientheater) kaum noch erlauben.

232 Von Seiten des geschäftsführender Direktors des Johannes-Müller-Instituts, Prof. Dr. Uwe Heinemann. Der Katalog wurde im Verlag werbestudio Hohmann (Bonn / Berlin, o. J.) herausgegeben vom Johannes-Müller-Institut für Physiologie am Universitätsklinikum Charité - *damals* zugleich noch die Medizinische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin.

Nachdem nun die Hardware-Bedingung erfüllt ist, läßt sich auch der Sammlungskatalog von CD öffnen. Den kapitelweisen dargestellten Mess- und Experimentiergeräten sind im CD-Katalog "Animationen" beigefügt²³³, entwickelt als "virtuelles Labor für Physiologie"²³⁴ von Seiten Sven Dierigs am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin. Darunter befindet sich auch der "Kymographionversuch", der ein schlagendes Hundeherz auf einer rotierenden Trommel kardiographisch registriert.

Doch beim Versuch, diese Animation per Mausklick zu aktivieren, interveniert die symbolische Ordnung (*alias* Software), mit dem Hinweis: "Bitte schalten Sie Java ein, damit Sie die Animation betrachten können."

Nun kommt der Moment der Erinnerung daran, dass techniknahe Medienanalyse sich nicht nur auf Hard-, sondern auch auf Software bezieht. Ein Java-Applet ist ein Programm, welches "normalerweise in einem Webbrowser ausgeführt" wird.²³⁵ Solche Applets wurden einst eingeführt, "um Programme in Webseiten ablaufen lassen zu können, die im Webbrowser (auf der Client-Seite) arbeiten und direkt mit dem Benutzer interagieren können, *ohne Daten zum Server senden zu müssen*" (ebd.). Was aber, wenn Java nicht mehr per Webbrowser aktiviert werden kann?

Denn es altert nicht nur die technische Materialität, sondern eben auch die Software als technologische Bedingung aller Emulationen im virtuellen, also vollumfänglich "rechnenden Raum" (Konrad Zuse). Boltzmann-Entropie trifft hier auf Shannon-Entropie. Da sich auch die VR-Technologie stets weiterentwickelt respektive nicht mehr abwärtskompatibel bleibt, ver-sagt (*Technoalógos*) das komplexe Zusammenspiel aus Software und Hardware auf kurz oder lang.

Und so werden in der digitalen Simulation "zwar keine Elektronenröhren mehr benötigt, um die Funktion des Radios sicherzustellen", doch die Hard- und Software der VR-Interfaces muss ihrerseits im Laufe der Zeit immer wieder erneuert werden" (Rumberg).

233 Animationen und Java-Programmierung: Gabriele und Jörg Kantel

234 <https://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de>. Siehe Sven Dierig et al., The virtual laboratory for physiology. A project in digitalising the history of experimentalisation of nineteenth-century life sciences, Berlin: Max-Planck-Inst. für Wissenschaftsgeschichte 2000 (Preprint/Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, 140), <http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Preprints/P140.PDF>, sowie S. Kokot, Virtuelle Laboratorien, in: Kasprowicz D., Rieger S. (Hg.), Handbuch Virtualität, Wiesbaden (Springer VS) 2019

235 <https://de.wikipedia.org/wiki/Java-Applet>, Abruf 5. Juli 2021, Kursivierung W. E.

Glücklicherweise erweist sich beim Blick auf die Grundlage der Animationen des Kymographion-Versuchs im "virtuellen Labor", dass es sich hier lediglich um comikhafte Serien von Einzelbildern handelt. Es bedarf der althergebrachten schlichten Operation der Animation, um das Imaginäre beim Betrachter in Vollzug zu setzen.

Das Kymographion wurde seinerseits nahezu zeitgleich zur Chronophotographie entwickelt. Tatsächlich reicht ganz offensichtlich eine Frequenz von 4 Frames / Sek., um bei Betrachtern einen Bewegungseindruck zu erzeugen. Über zuhandene Spezialsoftware kann aus solchen Bildserien ein "animiertes GIF" erzeugt werden, etwa durch die Operation "Gehen Sie auf giphy.com und klicken Sie auf 'Create'". Kreiert wird dann eine klassische Schleife (klassisch im Sinne von Zelluloid, post-klassisch im Sinne einer algorithmischen Iteration).

Das Graphics Interchange Format "erlaubt eine verlustfreie Kompression der Bilder. Darüber hinaus können mehrere (übereinanderliegende) Einzelbilder in einer Datei abgespeichert werden, die von geeigneten Betrachtungsprogrammen wie Webbrowsern als Animationen interpretiert werden."²³⁶

Die Fähigkeit von GIF, mehrere Einzelbilder zu speichern und dann zu animieren, "hat sich [...] als ein De-facto-Standard unter Browserherstellern etabliert. Dabei werden die Einzelbilder zeitverzögert nacheinander vom Webbrowser oder dem Bildbearbeitungsprogramm abgespielt. Durch diese Animationsmöglichkeit war erstmals auch die Übertragung kurzer, filmähnlicher Dateien möglich. [...] GIF ermöglicht Animationen, die sich ständig wiederholen" (ebd.) - *still moving*, oder das *moving still*?²³⁷

Einmal mehr bewahrheitet sich Karl Ganzhorns Definition der Informatik als die "Ingenieurwissenschaft des Geistes"²³⁸ - womit der Hegelsche Begriff der "Objektivierung" medientechnisch konkret wird. Aber Achtung, eine solche Form der virtuellen Animation operiert vor allem auf der Ebene der Software-Codes und damit der Bit-Ketten. Das *re-enactment* des medienarchäologischen Geräts namens Kymograph verbleibt damit im Symbolischen der Maschine namens Computer und stellt damit noch keine Mensch-Machine-Interaktion dar. Doch wenn es um physiologische Experimente mit Strom geht, winkt eine andere Option: mit dem Bit

236 https://de.wikipedia.org/wiki/Graphics_Interchange_Format, Abruf 1. Juli 2021

237 Dazu die Dissertation von Jon Inge Faldalen, *Stillmoving*, eingereicht August 2021 an der Universität von Oslo)

238 Karl Ganzhorn, 75 Jahre IBM Deutschland in der Informationstechnik, in: W. E. Proebster (Hg.), *Datentechnik im Wandel. 75 Jahre IBM Deutschland*, Berlin et al. (Springer) 1986, 23-48, Kapitel 8.2 (45 f.)

schlicht das auszulösen, was es diesseits des Symbolischen ist: nämlich ein realer Spannungswert.

Anhand des Froschschenkel-Experiments auf der CD-ROM des Katalogs der genannten physiologischen Sammlung wird es manifest: Das Reale (hoch-)technischer Medien ist der Strom. Inwiefern läßt sich diese medienarchäologische Urszene per Computer nachvollziehen? Nur deshalb, weil der Computer eben nicht auf die "symbolische Maschine" (Sybille Krämer) reduzierbar ist, sondern das Symbolische sich immer erst im Realen entfaltet. Für elektronische Medien heißt dies zuallererst: Stromspannung und Leitungen.

Mit einem Bit einen realen Stromschlag auszulösen stellt die Technologik der Digitalisierung vom Kopf auf die Füße. Erst in diesem Missbrauch des Digitalen verliert es schlagartig seine nutzerseitige Maske (namens Interface) und enttarnt sich als das, was medientechnisch der Fall ist: Strom an / aus. Die haptisch Erfahrung von Bits als Stromstöße erinnert nicht nur an die Anfänge der elektrischen Telegraphie, als Veteranen der Armee mit ihren zehn Fingern als Empfangsmedium von Signalen dienen mußten, sondern es ließe sich dann selbst eine Online-Vorlesung aus der Universität Impuls für Impuls nachvollziehen - unter der Bedingung, dass die Datenübertragung des Livestream bis zur Unkenntlichkeit verlangsamt wird.

Gegenwartsbetrug: Ein virtueller Museumsbesuch, und das Versprechen des "live" im Digitalen

Und damit vom "virtuellen Labor" zurück zur virtuellen Führung durch das Oldenburger Computermuseum.

Zur Erinnerung: Am 15. Dezember 2020 wurde dort aus der Not der pandemiebedingten Schließung eine Tugend gemacht, indem der Computerarchäologe Stefan Höltgen und der Studierende der hiesigen Medienwissenschaft Thomas Fecker realpräsent eine computerarchäologische Spur durch die Ausstellungsräume legten, die dann *online* als virtuelle Museumserfahrung ins Werk gesetzt wurde. Um neue Perspektiven auf ansonsten bekannte Homecomputersysteme zu eröffnen, wurde hier auf den Livestream umgeschaltet. Gibt es computerarchäologische Perspektiven, die sich überhaupt erst im digitalen Raum eröffnen? Für die Online-Teilnehmer ist eine digitale Immersion allerdings kein Museumsbesuch, sondern eine Interface-"Visitation". Für den eigenen Habitus der Führenden aber war der Realbesuch mit Realkontakt zur Realmaterie der Computer ebenso unabdingbar, wie für den aktuell Vortragenden dieser virtuelle Vorlesung das tatsächliche Rednerpult des hiesigen Medientheaters aus - auch als Angebot eines zumindest imaginären Direktkontakts mit dem Hörsaal der Universität, allem Home Office zum Trotz.

Die mobilen Medienarchäologen im Oldenburger Computermuseum planten seinerzeit mit ihrem digital übertragenen Rundgang, "mit Schraubenziehern und Theorien bewaffnet, den operativen Mini- und Mikrocomputern Wissenswertes zu entlocken und vorzuführen, das in der offiziellen Computergeschichtsschreibung eher selten thematisiert wird."²³⁹ Diese Führung sollte zunächst "live" über den Facebook- oder Youtube-Stream mitverfolgt werden. Doch die zeitsemantische Verheißung des Livestream in der Welt digitaler Datenübertragung resultiert - zumindest medienwissenschaftlich bekanntlich - in einer (mit-)geteilten (also chronotechnisch "kommunizierter") *augmented presence* namens Echtzeit. Die computer(zwischen)gerechnete *real time*, nicht die "live"-Sendung, ist hier übertragungstechnisch der wirkliche Fall. In allen möglichen Varianten solcher Latenzen, *delays* und Zeitverzögerungen wird die einst emphatische phonozentristische "Gegenwart" im Online-Dasein zunehmend zerstückelt. Neben die raumgreifende Telekommunikation, und die kultursemantisch emphatische Zeiteinteilung in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft tritt die zeitgreifende und aktuelle *mikrochronische* Kommunikation. Läßt sich Gegenwart prinzipiell überhaupt *zeitecht* übertragen?²⁴⁰ Realtime meint vielmehr schlicht *Rechtzeitigkeit*. Auf dem "verlinkten" YouTube-Kanal des Oldenburger Museums war zum angegebenen Zeitpunkt des Livestream nur Vergangenheit abrufbar: sogenannte "(Re-)Livestreams" früherer virtueller Museumspräsentationen, also digitale Zombies. Wer am "Live-event" teilhaben wollte, mußte vielmehr a) benachrichtigt sein und b) auf den Facebook-Kanal als provisorische Alternative ausweichen.

Tatsächlich wurde der Livestream der Oldenburger Museumsbegehung seinerzeit nicht - wie angekündigt - um 18:30 Uhr gestartet. Grund war die verzögerte Ankunft der Museumsführer in Oldenburg. Sie haben dann erst um 20:30 Uhr mit der Sendung begonnen. "Diese ist dafür nun auf YouTube gespeichert und kann nachgeschaut werden."²⁴¹ Die Aussetzung der Datenübertragung als "Livestream" zum geplanten Zeitpunkt war, wie in der späteren Aufnahme an die "Listenleser" kommuniziert, die "verzögerten Ankunft" der Transportvehikel (Autobahnstau) geschuldet. Autobahnen - wie in der späteren Aufzeichnung kommentiert - funktionieren nicht parallel, also synchron, sondern seriell und zeitdiskret, ganz im Sinne der aus der CPU des Computers vertrauten Devise der Datenverarbeitung "last in / last out". So wurde aus dem

239 Elektronische Post Stefan Höltgen, 14. Dezember 2020

240 Siehe das Sonderheft der Zeitschrift Media Theory, Bd. 4, Heft 2 (2020): "Mediating Presents", hg. v. Rebecca Coleman / Susanna Paaronen, sowie Paul Roquet, Telepresence Enclosure: VR, Remote Work, and the Privatization of Presence in a Shrinking Japan, in: Media Theory, Bd. 4, Heft 1 (2020), 33-62

241 Elektronische Post Stefan Höltgen, 16. Dezember 2020, unter Verweis auf <https://www.youtube.com/watch?v=M1RjxtrfNdQ>

geplanten Livestream der "Archäologische[n] Unterwanderung des OCM" unter YouTube unversehens der "(Re)Livestream vom 15.12.2020" - zugleich eine Unterwanderung der emphatischen Gegenwart.

Inzwischen ist auch die investigative Erkundung respektive "medienarchäologische Unterwanderung" des Computermuseums (Höltgen) aus dem Speicher der Webseite des Oldenburger Museums "aushebbar" (wie es Archivare für klassische Akten nennen). Die im Livestream suggerierte Partizipation am unvorhersehbar kontingenten Moment ist damit bereits vom bedrohlich Realen der unmittelbaren Signalübertragung enthoben und in die gehegte symbolischen Zeitordnung des Speichers überführt. Wie bereits anhand der Ethik von Computerspiele-"Demos" diskutiert, ermangelt es dem Gespeicherten - obgleich im ersten Moment kaum von "live" zu unterscheiden - des Vetorechts des Realen - etwa das Mißlingen oder andere "Vorführeffekte". Der Unfall als Artikulation des Realen gegenüber der symbolischen Ordnung gilt ebenso von Seiten der Technik, wie von Seiten der klassischen Wirklichkeit.

Tags darauf, am 16. Dezember 2020, wurde das Humboldt Forum in Berlin-Mitte feierlich eröffnet, inklusive seines Computer-Labors - darunter auch neun historische Computer der C.A.S.E.-Sammlung des Instituts für Wirtschaftswissenschaften der Humboldt-Universität. Nach den pandemiebedingten Regeln des *social distancing* konnten Besucher das "Schloss" bislang nur virtuell erfahren (oder begehen), bevor dann die ausgestellten Computer später einmal real erfahren "und vor allem ausprobiert"²⁴² werden sollen. Die C.A.S.E.-Systeme wurden 2019 und 2020 vom bereits vertrauten Duo Thomas Fecker sowie Stefan Höltgen im Signallabor der Medienwissenschaft der Humboldt-Universität instand gesetzt und mit erneu(er)t mit antiker Software zu wirtschaftswissenschaftlichen Themen ausgestattet.

Doch zwischenzeitlich war es für die übergangsweise Virtualisierung der Computersammlung des Humboldt-Forums mit der reinen Digitalisierung ihrer Objekte *als Photos* nicht getan. Eine Brücke zwischen beiden Museumswelten - der realen, und der virtuellen - stellt eine abrufbare Emulation dar, um die ausgestellten Rechner auch in virtueller Präsenz schon im Vollzug (also im Medienzustand) erproben zu können. Dies ist der ganze medienoperative Unterschied zwischen Computern als Museumsobjekten und *computing*.

Selbst im *Medienmuseum* bleibt das museale Wesensmerkmal der Eigensinn oder gar Widerstand des materiellen Artefakts gegen das

242 Elektronischer Rundbrief Stefan Höltgen, 16. Dezember 2020. Für eine Ausstellungsbeschreibung siehe <https://www.humboldt-labor.de/de/journal/die-zukunft-im-naehmaschinenkasten>

idealisierte Cybermuseum. Vermag technische Hardware *museologisch* in das Reich der symbolischen Maschine überführt zu werden?

Bildwelten auf Webseiten *entlasten* das reale Museum von der didaktischen und inszenatorischen Mimesis an multimediale Ästhetik und erlauben ihm, sich auf (s)ein *proprium* zu konzentrieren: die Materialität und Energetik seiner Objekte, die eben nicht auf reine Zeichenträger ("Semioforen, mit (Krzystof Pomian) reduzierbar sind, die prinzipiell auch als digitale Simulakren wirksam sind. Tatsächlich lautet die Gretchenfrage zum Verhältnis imaginärer Museen zur realen Welt: Liegt der Kern des Museums im materiellen Original, oder dessen Funktion als kultursemiotischer Informationsträger?

Anhand des "digitalisierten Museums" stellt sich damit die noch viel grundsätzlichere Frage der platonischen *méthesis*: in welchem Maße die virtuelle Welten an der physikalischen Wirklichkeit teil hat. Um sich indessen nicht in philosophischer Ontologie zu verlieren, konkretisiert techniknahe Medienanalyse die Frage nach der Glaubwürdigkeit durch die medientechnische Analyse der Signaltreue.

In einem Aufsatz über "Media and Museums" heißt es: "A virtual visit to a museum is fundamentally a media experience, not a museum experience."²⁴³ Doch in Computerspielwelten - etwa in Minecraft - wird selbst das architektonische "brick-and mortar museum" zum Spielplatz von Software. Der virtuelle Besuch eines realen Computermuseums in das Eine. Eine virtuelle Begehung des "rechnenden Raums" (Konrad Zuse) als buchstäbliche Computerarchitektur - etwa in Minecraft - ist das Andere. Damit wird jene brisante Konstellation thematisch, die im Innern jedes Computers als Bedingung aller virtuellen Interfaces selbst gründet: die Frage nach dem Verhältnis von Software zur Hardware, oder medientheoretischer formuliert: das Verhältnis von symbolischem Code und technischer Materialität respektive "MateRealität".

Im Sinne des radikalen Konstruktivismus ist es nicht mehr plausibel, die klassische Differenzierung zwischen wirklicher Welt und "medialem Schein" aufrechtzuerhalten, sobald die virtuellen Welten nicht erst für Computerspiele gelten, sondern schon für die Neurologie des menschlichen Wahrnehmungsapparats selbst. Der Dichter und Denker Novalis formuliert es 1798 nicht anhand von medienarchäologischen, sondern klassisch-archäologischen Museumsobjekten: "[...] man irrt sehr, wenn man glaubt, daß es Antiken giebt. Erst jetzt fängt die Antike an zu entstehen. Die Reste des Alterthums sind nur die specifischen Reitze zur Bildung der Antike. Nicht mit Händen wird die Antike gemacht. Der

243 A. Mintz, Media and Museums. A Museum Perspective, in: S. Thomas / A. Mintz (Hg.), The Virtual and the Real. Media in the Museum, Washington, DC. (Americian Association of Museums) 1998, 19-34 (28)

Geist bringt sie durch das Auge hervor - und der gehaune Stein ist nur der Körper [...]."²⁴⁴

Dieser Primat der Vergeistigung schließt kurz mit der Kernfrage digitaler Technologien, sprich: in welchem Verhältnis der symbolische Code zum Realen der Welt steht. Solch ein Logozentrismus leistet der Digitalisierung (mater)realer Museumswelten Vorschub, doch es bleibt aus Sicht der klassischen Archäologie, der historischen Quellenkritik (Droysen) und der materiellen Kulturwissenschaft das Vetorecht der physikalischen Überreste als Signale aus der Vergangenheit. Mit dem Computer aber nabelt sich die Medienkultur von dieser Tradition ab, indem dieses erste aus reiner mathematischer Theorie geborene Medium die Frage nach dem Verhältnis von Körper und Geist als elektrotechnischer Hard- und algorithmischer Software - wie Marx gegenüber Hegel - vom Kopf auf die Füße stellt.

Mit der Informatik verlieren virtuelle Welten ihren Weltbezug - der nur noch in sich selbst, ihrer eigenen Hardware, liegt. "Man kann die physikalische Welt, sofern ihre Wechselwirkungen und Gesetzmäßigkeiten nur vollständig bekannt sind"²⁴⁵ - aber eben hier liegt, analog zu Turing 1936/37, eine prinzipielle Unvollständigkeit - "in eine informatorische Darstellung transponieren, sie dort studieren und verändern, ohne sie in Realität anzutasten" (6), mithin: "virtuell" (ebd.).

Wenn das Wesentliche des Computers gerade nicht seine jeweilige Verkörperung, sondern sein Betriebssystem ist, hat das Konzept der funktionalen Emulation antiker Computer durch aktuelle Rechner darauf die Antwort gefunden. Im akronymisch anprechenden KEEP-Programm der EU wurde die Virtual Machine entwickelt: Dieser "soll so universell sein, dass eine Reihe unterschiedlicher Emulatoren ausgeführt werden können", er mithin also "auf einen Computer jeden Typs umgestellt werden" kann.²⁴⁶

244 Novalis, Über Goethe [1798], in: Novalis: Schriften, hrsg. von Paul Kluckhohn / Richard Samuel. 3. Aufl. Stuttgart 1977 ff., Bd. 2, 640. Zitiert als Motto in: Daniel Funke, Vom Befund zur Anschauung.

Architekturinszenierungen in neueren, graphischen Rekonstruktionen. Magisterarbeit Humboldt-Universität zu Berlin (Winckelmann-Institut für Klassische Archäologie), München (GRIN Verlag) 2010;

<https://www.grin.com/document/183020>, Zugriff 8. Juni 2021

245 K. E. Ganzhorn, Informatik im Übergang [Festvortrag, Symposium anlässlich des 10jährigen Bestehens der Fakultät Informatik an der Universität Karlsruhe, 21. Oktober 1982[]], in: Informatik-Spektrum (1983) 6: 1-6 (6)

246 Jean-Philippe Humblot, in: Bernhard Serexhe (Hg.), Konservierung digitaler Kunst: Theorie und Praxis. Das Projekt digital art conservation, Karlsruhe (ZKM) / Wien (AMBRA) 2013, 276-289 (288)

Dieser Ansatz ist - in medienarchäologischer Gleichursprünglichkeit - dem Konzept der Universalen Turingmaschine (UTM) bereits inhärent, insofern diese wenn schon nicht die Materie, so doch die Funktionsweise jeder anderen Maschine zu simulieren vermag. Mit dem medienepistemischen Prozess der "Emulation" aber kommt es zur Ekstase des Computers selbst, als buchstäbliche eine Aufhebung seiner Vergangenheit: aber "nur zum Preis erheblicher Konzessionen in Bezug auf die Ausführungsgeschwindigkeit" (ebd.). Für Computer als Museumsgegenstand stellt sich die Frage der Digitalisierung nicht, insofern er als Subjekt schon ebenso *born digital* wie *digital native* ist.

Dem radikalen Konstruktivismus zufolge wird die eigentliche "Empfindung" als Funktion der physiologischen Wahrnehmung überhaupt erst im Hirn neurologisch "errechnet" (von Foerster, und recht eigentlich schon von Helmholtz). Insofern ist das "virtuelle" oder "imaginäre Museum" - nicht schlicht im Sinne photographischer Reproduktion (Benjamin, Malraux), sondern von Digitalisierung der eigentlichen Kognition wesentlich nahe - wenngleich in einer (sinnes-)datenreduzierten Form.

Liegt die eigentliche ästhetische Erfahrung also nicht im Realen, sondern im Imaginären des rechnenden Hirns? Und gilt dieser Satz auch im medienarchäologischen Sinne? Dies ist ganz im Sinne von Novalis' mathematisiertem Verständnis von Imagination, ganz und gar in der pythagoreisch-neuplatonischen ontologischen Tradition. Was um 1800 dann für Literatur gilt, gilt um 2000 für virtuelle Museen: "Wenn Zahlenverhältnisse für die Ordnung der Welt grundlegend sind und in Entsprechung dazu auch für die Ordnung des kalkulierenden Denkens, dann wird dem kalkulierenden Denken ja versichert, dass es das Wesentliche, das Eigentliche der Welt erfasst", und "[d]ie Einbildungskraft, die ebenso eigenständig prozessieren soll wie das kalkulierende Denken, scheint dann in der Lage zu sein, das Wesentliche der Welt zu imaginieren."²⁴⁷ Nur dass literarische ‚Digitalität avant la lettre‘ sich in ihrer mathematischen Kalkülisierung vom *computing* dadurch unterscheidet, dass hier der alphanumerische Code beide Regime verleimt.

247 Elektronische Kommunikation Dr. Thomas Küpper, Universität Duisburg-Essen, Institut für Germanistik, Literatur und Medienwissenschaft, 10. Juli 2021, unter Bezug auf: Friedrich Kittler: Über romantische Datenverarbeitung, in: Behler / Hörisch (Hg.), Die Aktualität der Frühromantik, München 1986, 127-140 (139)

Die museologische Debatte "Digitale Objekte - subjektive Materie"²⁴⁸ verhält sich medienontologisch wesensgleich zur Kontroverse um das Apriori von Hardware-Analyse in der Medienwissenschaft *versus* dem Primat von Software Studies in der gegenwärtigen algorithmisierten Kultur.

Einmal mehr zeigt sich anhand dieser Frage das Wesen der Wissenschaft. Dieses Wesen liegt nämlich darin, kein abschließendes Wissen oder gar Wahrheiten zu liefern, sondern Fragestellungen überhaupt eröffnen zu lernen. Für den Fall unseres Vorlesungsthemas lautete diese Gretchenfrage, in welchem Verhältnis die symbolische Ordnung (*alias* Kultur) zum Realen von Materie, Energie und Lebewesen steht, oder kurz: *Technólogos*.

Bereits die Modularität des realmusealen Speichers und die Fragmentarität seiner Realien widersetzt sich der kulturhistoriographischen Erzählung; auch das virtuelle Museum steht eher auf Seiten der relationalen Datenbanken denn der großen Narrative.²⁴⁹

Die eigentliche Botschaft des "imaginären Museums" ist sein technisches Mediumpotential, nicht sein vorgegeblicher Inhalt einer multisensorischen Erfahrung. Gegenüber einem prinzipiell auch digitalisierbaren Klangartefakt erinnert demgegenüber das reale Klangmuseum auch an die Materialität seiner technischen Tonträger.²⁵⁰ Umso dezidierter konzentriert sich das Museum damit auf die Funktion, den virtuellen Bilder- und Klangwelten gegenüber die Physik seiner Objekte zu authentifizieren, als Depot des tatsächlich Vorliegenden, und des haptisch Zuhandenen.

248 Siehe Katja Müller, Digital Objekte - subjektive Materie. Zur Materialität digitalisierter Objekte in Museum und Archiv, in: Hans Peter Hahn / Friedemann Neumann (Hg.), Dinge als Herausforderung. Kontexte, Umgangsweisen und Umwertungen von Objekten, Bielefeld (transcript) 2018, 49-66;

<https://www.degruyter.com/document/doi/10.14361/9783839445136-004/html>, Abruf 8. Juni 2021

249 Siehe Klaus Englert, Im Haus des Humanismus (Konferenzbericht über die Ausstellung und das Symposium *Das Ende des Museums* in Barcelona, in: die tageszeitung (Berlin) vom 31. Mai 1995. Ein dortiger Vortrag: Friedrich Kittler, Museen an der digitalen Grenze, in: Philine Helas et al. (Hg.), Bild/Geschichte. Festschrift für Horst Bredekamp, Berlin (Akademie) 2007, 109-118

250 Ein Argument in der Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades doctor philosophiae (Dr. phil) im Fach Medienwissenschaft von Sonja Grulke, Sound on Display. Klangartefakte in Ausstellungen, eingereicht am 2. April 2021 an der Kultur-, Sozial- und Bildungswissenschaftlichen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin

Die Anschauungsqualität der real anwesenden Objekte liegt dabei nicht allein in ihrer eher diffus als *hic et nun* definierten ästhetischen „Aura“ (Walter Benjamin 1936), sondern im Informationswert ihrer physikalischen Materie. Das Unerwartete, also der Informationswert im Sinne von Shannons Nachrichtentheorie, liegt in der Widerspenstigkeit, d. h. Auskunftsfähigkeit des Materials. So gibt es einerseits formale Qualitäten der materiellen Kultur, die in digitale, also quantitative Formate migriert werden können – andere aber gerade nicht. Dies zu trennen, also medienkritisch zu unterscheiden, ist eine der Aufgaben aktiver Wissensarchäologie.

Tatsächlich lässt sich jenes *implizite* Wissen, das in der Realpräsenz von Gemälden in Bildergalerien zumeist verborgen bleibt, im Medium der digitalen Präsentation viel besser explizieren, d. h. die Innenseite zuoberst kehren: die „quasi technische Voraussetzungen von Bildern, Perspektive als solche zum Beispiel. Seitdem diese Computerei läuft und ich ständig perspektivische Berechnungen durchführen muß, interessiert mich“, schreibt Friedrich Kittler, „was Vermeer mit den Karos auf dem Fußboden gemacht hat, usw.“²⁵¹. Demgegenüber ermöglicht Augmented Reality die „Immersion“ nur auf der imaginären, nicht der medienanalytischen Ebene. So kann der Besucher des Mauritshuis in Den Haag etwa gegenüber Rembrandts *Die Anatomiestunde des Dr. Nicolaes Tulp* (1632) die Position der Ärzte einnehmen und die Leiche von Nahem betrachten²⁵² – ein Szenario, das Jan-Peter Sonntag anhand der Anatomie des von Kittler höchstselbst zusammengelöteten modularen Synthesizers medienarchäologisch weiterentwickelt hat.²⁵³ Zugleich aber thematisiert Kittler die techno-mathematischen Herausforderungen des Hyperrealismus: „Es gibt noch kein einziges Computerprogramm, das wirklich die Komplexität des dreidimensionalen Raumes, plus Licht, korrekt rechnet. Wenn man die Welt so rechnen würde, wie sie sich dem Auge darbietet“ – also phänomenologisch, medienanthropozentrisch – „würden kriminelle Integralrechnungen entstehen.“²⁵⁴ Neben diese Herausforderung im Symbolischen (namens „Software“) tritt die

251 Friedrich Kittler, "Ich bin von Kopf bis Fuß auf Technik eingestellt." Ein Interview von Gabriele Mackert mit Friedrich Kittler, in: *Texte zur Kunst*, Heft 14 (Juni 1994), 75-78 (77)

252 Siehe <https://musermeku.org/digitale-kunsthalle>; Hinweis Monique Krüger, BA-Studierende der Medienwissenschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin, SS 2021 (Testat zur Vorlesung *Techniknahe Medienanalyse*)

253 Siehe Sebastian Döring / Jan-Peter Sonntag, *apparatus operandi: anatomie*. Der Synthesizer des Friedrich A. Kittler, in: *TUMULT. Schriften zur Verkehrswissenschaft* (40. Folge), Themenheft: Friedrich Kittler. *Technik oder Kunst?*, hg. v. Walter Seitter / Michaela Ott, Wetzlar (Büchse der Pandora) 2012, 35-56

254 Kittler 1994: 78

Unerbittlichkeit der Hardware: „Laut mathematischer Befunde sind Rot-Grün-Gelb-Bildschirme im Prinzip nicht imstande, alle Farben zu synthetisieren.“²⁵⁵ Farbwahrnehmung wird im Menschen „nicht linear“, doch auf Computerbildschirmen „linear abgebildet“ (ebd.). Hier macht technische Reproduzierbarkeit tatsächlich die Differenz; mit dem digitalisierten Museumsbild tritt an die Stelle der Walter Benjaminschen „Aura“ die mathematische Funktion und die elektrotechnische Anschauungskraft schierer Materialität. Tatsächlich bedarf die Wiedergabe kunsthistorischer Gemälde als Datensatz (das binäre *datum* als die buchstäbliche „Gabe“), adressierbar *online* im Internet, einer gänzlich neuen bildwissenschaftlichen Quellenkritik hinsichtlich der Farbechtheit²⁵⁶ – ebenso wie die Medienarchäologie der ersten Farbfilme²⁵⁷, in kritischer Differenz zur Dokufiction nachträglicher Kolorierung von s/w *vintage* Filmen.²⁵⁸

Texte als Realien vs. digitale Dateien

Die spezifisch quellenkritische Funktion der Museen gegenüber massenhaft reproduzierbarem Kulturgut besteht - Analog zu den schriftlichen Unikaten in Archiven - vor allem darin, (originale) ‚Sachzeugen‘ (‘Monumente‘) zu sammeln“ - im Fachterminus der Museologie treffend: *Realien*, „um die Entwicklung insbesondere der materiellen Kultur und Natur“ - also abseits aller Philologie - „im Wege der Ausstellung zu demonstrieren, zu veranschaulichen.“²⁵⁹ Besonders technische Gegenstände aus der Vergangenheit der Medien interessieren hier „wegen ihres materiellen Charakters“, und das heißt - angesichts der Präsenz des Materials - (medien-)archäologisch, gerade nicht *historisch* („d. h. nicht primär unter dem Blickpunkt ihrer dokumentarischen Beweisfunktion“). Somit können auch (Schrift-)Dokumente im Museum ihren Zweck erfüllen, sofern sie in ihrer Materialität ausgestellt werden. Was aber geschieht, wenn ein Text nicht länger als Urkunde, sondern digital als pdf-Datei vorliegt, die ihrerseits auf Papier ausgedruckt werden soll, zeigt eine Inzidenz vom 26. Mai 2021: "Papierstau", als Vetorecht des Materials gegenüber der elektrostatischen Latenz im Verfahren der Xerographie.

255 Kittler 1994: 79

256 Eine Forderung an die Kunstwissenschaft von Seiten Gunther Reisingers. Siehe etwa seinen Videovortrag "'Dürers bunte Hasen' oder kunstwissenschaftliche Quellenkritik im Digitalen", <https://vimeo.com/34790664>

257 Dazu Barbara Flückiger et al. (Hg.), *Color Mania*, Zürich (Lars Müller) 2020

258 Im Sinne des Angebots von <https://neural.love>, Abruf 16. April 2020

259 Rösler 1971: 129

Blended perception: Exkurs zum Begriff "hybrider" Mediensysteme (analog / digital)

Im Medientheater (als *camera obscura*) des Instituts für Musikwissenschaft und Medienwissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin, und in seinem vorzeichenverkehrten Zwilling, der lichten Aula (als *camera lucida*) nebenan, geistern noch die virtuellen, also computergerechneten Bilder der Ausstellung *Extended Reality* vom 3. bis 30. September 2021, insbesondere die "Transient Exposure" von generationsübergreifendem, medienarchivisch geschichtetem Tanztheater in Sri Lanka durch die Brille der Microsoft HoloLens, in Szene gesetzt durch das KünstlerInnenkollektiv *reVerb*.²⁶⁰ Diese "Transient Exposure" experimentierte ausdrücklich mit der menschenseitigen Erfahrung hybrider Realitäten - passend zum Zwitterwesen akademischer Lehre in Realpräsenz und als Online-Datenstrom.

Hybride Wahrnehmung führt bei Menschen zu kognitiven Dissonanzen, insofern beide Welten, die "analoge" physikalische Realpräsenz, und der "digitale" rechnende Raum (Konrad Zuse) *nicht* nahtlos ineinander übergehen. Dieser phänomenologischen Sichtweise setzt Medienarchäologie die Untersuchung dessen entgegen, wie hybride Realitäten von Seiten der Maschinen "erfahren" werden - nämlich als Signalflüsse, die den Unterschied von Wirklichkeit und Virtualität schon gar nicht mehr kennen. Dramatisch wird damit deutlich, wie Menschen den von ihrem kulturellen Wissen geschaffenen Medienmaschinen bereits hinterherhinken - kognitiv ebenso wie epistemisch.

Unter hybriden Objekten versteht man im Zusammenspiel mit dem "rechnenden Raum" (Konrad Zuse) Objekte oder auch Prozesse, "die teils aus realen, teils aus virtuellen Komponenten bestehen"²⁶¹. Auch illusionistische Dioramen im 19. Jahrhundert wurden bisweilen durch Einstreuung materieller Artefakte autorisiert, respektive ikonisch "geerdet".

Im engeren, der hiesigen Thematik entsprechenden Hinsicht versteht man in der Automatisierungstechnik unter hybriden Systemen solche, "die kontinuierliche und diskrete Zustände aufweisen. Hybridelektronik oder hybride Schaltung bezeichnet elektrische Schaltungen, die sowohl Analogtechnik als auch Digitaltechnik in einem Baustein verwenden."²⁶²

Sogenannte "Hybridfahrzeuge" im Verkehr koppeln verschiedene Antriebssysteme: den Verbrennungs- mit dem Elektromotor. Technologisch wird diese Situation idealtypisch in "hybriden" Rechensystemen, gekoppelt aus Analog- und Digitalcomputer. Qualitäten

260 Dazu der Beitrag von Maja Stark im genannten Katalog, 54 f.

261 <https://de.wikipedia.org/wiki/Hybrid>, Abruf 20. September 2021

262 Wikipedia ebd.

des Ersteren - seine hirngleiche massive, energieeffiziente Parallelität ohne getaktete, sequentielle bitweise Ausführungen - sind hier mit der algorithmischen Intelligenz und numerischen Präzision des Letzteren gekoppelt. So füllt der Analogcomputer die zeitdiskreten Lücken des Digitalen (Norbert Wieners "time of non-reality")

Zwischen *extended* und vollends *virtual reality*

Nun kommt der Unterschied zwischen virtueller und lediglich erweiterter Wirklichkeit ins Spiel. *Augmented Reality* (AR) bezeichnet eine "Erweiterung der analogen Welt um digitale Inhalte mittels eines mobilen Devices [...]. Diese Erweiterung geschieht in Echtzeit," - ein hartes rechentechnisches Kriterium, im Unterschied zur "live"-Rundfunk - "die digitalen Inhalte werden glaubhaft im analogen Raum verortet und sie können bei entsprechender Programmierung interaktiv sein. Nutzer*innen verbleiben in ihrer physischen Umgebung."²⁶³

Demgegenüber wird in der Virtual Reality die reale Umgebung vollständig ausgeblendet. Digitale Einsicht ist hier mit Blindheit für die Wirklichkeit erkaufte.

Die virtuelle Simulation materieller Welt in der *augmented reality* (welche die Extensionsthese McLuhans fortschreibt) resultiert in diversen Formen von Head-Mounted Displays oder der transparenteren HoloLens in einer kognitiven Dissonanz. Die virtuell erfahrenen Objekte "fühlen sich bis zu einem gewissen Grad materiell an, obwohl der Verstand weiß, dass sie es nicht sind"²⁶⁴.

Bleibt das Oxymoron der "digitalen Materialität"²⁶⁵, wie es sich analog am Sonischen diskutieren lässt: logische Kompositionen (musikalischer Code als Partitur), die sich aber erst als Klang (akustische Signale) ereignet. Was auch immer in Form der Partitur in eine geordnete diskrete Zeichenfolge (und damit in - die symbolische - Ordnung gebracht) wurde: "Zu Signalen von unvorhersehbarer Kontingenz macht sie [...] erst die Aufführung"²⁶⁶ - und zwar nicht erst die menschliche Performanz wie die Band von Sunn O))), sondern zuallererst von Seiten der operativen Klangmedien selbst. Medienarchäologie behauptet deren Vorgängigkeit gegenüber aller anthropozentrischen Kulturtheorie.

263 Aus dem Glossary im genannten Katalog, Eintrag "Augmented Reality (AR)", 58

264 Mark Barden, in: Interview mit Mark Barden und Julian Bonequi zur interaktiven VR-Installation *Umwelten* im Konzerthaus Berlin, im genannten Katalog, 34-39 (37)

265 Julian Bonequi ebd., 38

266 Kittler 1989: 75

Genau hier, an diesem prinzipiellen Mangel des alphanumerischen Codes gegenüber dem physikalischen Signal in all seiner Materialität und Energie, setzt indessen die Digitale Signalverarbeitung an, indem sie auf Basis des Abtasttheorems und der Mächtigkeit hochspezialisierter Prozessoren (DSP-Chips) Zeitsignale selbst - wenngleich nur - *simuliert*. Wie hochfrequent auch immer, es bleiben immer Quantisierungen - bis dass diese Digitalisierung die subatomaren Ereignisse der Quantenmechanik selbst erreicht und mit ihr zusammenfallen mag. Damit ist Diskretisierung kein Mangel gegenüber einem kontinuierlichen namens Natur selbst, sondern die letztendliche Entbergung ihrer Wahrheit als sprunghafte Ereignisse.

Es ist eine doppelte Leere, welche die Digitalisierung respektive VR gegenüber physischer Materialität hinterlässt.

Diskursanalysen:

PRAKTIKEN DER "DIGITALISIERUNG"

Eine Begriffskritik der "Digitalisierung"

Eine Publikation zum Thema *Digitalisierung und Industrie 4.0* warnt schon im kritischen Untertitel: "eine Relativierung". Angesichts der "Inflationierung des D-Wortes"²⁶⁷ wird das einleitende Kapitel deutlich: "Der äußerst unscharf benutzte Begriff 'Digitalisierung' ist [...] keine glückliche Episode in der Geschichte der deutschen Sprache."²⁶⁸ Tatsächlich ist der Begriff der "Digitalisierung" inzwischen bis zur Unkenntlichkeit abgenutzt wie eine sprachliche Metapher oder der Aufdruck von Münzen nach jahrelangem Umlauf²⁶⁹, wenn die symbolisch aufgeprägte Ordnung (der monetäre Wert) sich in der Hardware (Metallwert) selbst verliert und sich damit nicht als schlichte In-Formation von Materie, sondern als Funktion derselben in Erinnerung bringt. "[...] z. B. die Naturwissenschaften oder die Medizin, könnten sich einen solchen unstimmgigen Begriffsapparat nicht leisten", heißt es weiter.²⁷⁰ Damit ist ein Grundproblem von diskursiv und hermeneutisch orientierten Geisteswissenschaft angesprochen, denen gegenüber Medienwissenschaft sich - in der Berliner Deutung - als *science* (statt

267 Mertens et al. 2017: Kapitel 5.3.1, 50 ff.

268 Peter Mertens / Dina Barbian / Stephan Baier, *Digitalisierung und Industrie 4.0 – eine Relativierung*, Wiesbaden (Springer Fachmedien) 2017, 45

269 Zum Vergleich von Metaphern und monetärer Zirkulation siehe auch Jacques Derrida, *Die weiße Mythologie: Die Metapher im philosophischen Text*, in: ders., *Randgänge der Philosophie*, Wien (Passagen) 1999

270 Mertens et al. 2017: 45

schlicht *media studies*) bezeichnet, ebenso in Informatik, Natur- und Technikwissenschaften wurzelt.

Gerade der epistemologische Anteil technischer Medienwissenschaft, nämlich ihre nicht nur Wissens-, sondern auch Erkenntnisorientierung, rekurriert am Ort des Medientheaters der Humboldt-Universität zu Berlin, auf den "Hausgeist" des dort einst anwohnenden Philosophen G. W. F. Hegel: seine Definition von Denken als "Arbeit am Begriff", wie es in Medientheorien sehr konkret wird. Für Medienwissenschaft (im Anschluß an Heideggers "Frage nach der Technik", indessen techniknah darüber hinaus) ist ein *terminus technicus* eben nichts nur Technisches.

Ebenso wissens- wie medienarchäologisch entspringt der Begriff der Digitalisierung in aller Klarheit zuallererst "den Fachgebieten Elektronik, Informatik, Nachrichtentechnik einschließlich Signaltechnik und bedeutet dort die Überführung von analogen in digitale Größen zwecks Übertragung in Netzen und Verarbeitung auf Digitalrechnern."²⁷¹ Medienontologisch umformuliert bedeutet dies die Überführung von "Welt" in komputative Modellierbarkeit - mit der zunächst keineswegs technisch-instrumentellen (Simulationen), sondern epistemischen Absicht, die Grenzen dieser Berechenbarkeit zu de-finieren (Turing 1937).

Eine aufmerksame Lektüre stolpert hier schon über den Begriff der "Überführung": Handelt es sich bei der Digitalisierung stetiger Signale zu diskreten Werten um eine schlichte Überführung des analogen in ein digitales Signal, oder um eine Transformation? Fachwissenschaftler wie Bernard Loriferne schreiben von *Analog-Digital and Digital-Analog Conversion*²⁷², also von einer "Wandlung" im Wesen des Signals selbst.

Was zunächst unter dem Begriff der "Digitalisierung" wohldefiniert erscheint, "erhielt auf anderen Fachgebieten wie Betriebswirtschaft sowie Politik und Medien stark ausgeweitete Bedeutungen, die sehr vielfältig und zum Teil widersprüchlich sind [...]."²⁷³ *Nota bene*: Der Ausdruck "in den Medien" referiert hier missverständlich auf diejenigen Nachrichten-, Bildungs- und Unterhaltungsorgane, die sich selbst "die Medien" nennen und damit an McLuhans scharfer Verurteilung der Ablenkung der Empfänger durch publizistische Inhalte (*content*) von der eigentlichen Medienbotschaft (*message / massage*) vorbeiziehen. Die "Digitalisierung" als technisches Ereignis betrifft vielmehr signalübertragende Medien in ihrem innertechnischen Wesen (auch Datenprozessierung ist im zeitdiskreten *computing* nichts Anderes als Signalübertragung).

271 "Zusammenfassende Befunde und Thesen zu Digitalisierung und Industrie 4.0", in: Mertens / Barbian / Baier 2017: IX

272 London / Philadelphia / Rheine (Heyden) 1982 [FO La Conversion Analogique-Numérique, Numérique-Analogique, Paris 1976]

273 Mertens et al. 2017: ix

Denn frei nach Karl Kraus formuliert: Je genauer man auf eine "digitale" Sache hinschaut, desto ferner - nämlich "analog" - sieht sie zurück.²⁷⁴ Die "Probleme der Digitaltechnik" machen es manifest: Jede A / D-Wandlung ist um den Preis eines "kybernetischen Opfers" erkaufte, nämlich die symbolische Preisgabe des transitiven Momentums (des "ZeitReals") in der physikalischen Welt.

Tatsächlich ist jede binäre Unterscheidung als Grundoperation der Informationstheorie die gewaltsame Erzeugung von "zwei sich gegenseitig ausschließenden Zuständen, wie wahr / falsch" in der Booleschen Aussagenlogik, "jedoch nicht Zahlen. **1** und **0** sind folglich nur Zeichen dafür im Sinne der Semiotik."²⁷⁵ Zahlen aber sind keine abstrakte Größen des Geistes, sondern Funktionen des Zählens - das als körpergebundene Kulturtechnik, oder als autonome technologische Operation, nimmer ein störungsfreies Signalisieren sein kann, insofern jedes Signal in Materie respektive Energie wurzelt.

Und so gewährt auch ein klassischer Digitalzähler mit Nixie-Röhren-Anzeige als Messgerät für Sekunden oder Frequenzen, einmal geöffnet, keine Einsicht ins "Digitale", sondern zeigt in Form von Platinen prinzipiell ähnliche Schaltungen, wie sie etwa auch zur Tonerzeugung durch Oszillatoren in elektronischen Orgeln zum Einsatz kommen. Die funktionalen Bausteine der Elektronik sind an sich indifferent gegenüber ihrem variablen Einsatz für kulturelle Zwecke.

Nicht nur im Speziellen der Digitalzähler, sondern jede A / D-Wandlung stellt zunächst einmal einen physikalischen Messakt dar, d. h. Sensoren werden an analoge welthafte Signale gekoppelt. Ist demgegenüber die eigentliche Quantisierung als zweiter Schritt im Prozess der "A / D"-Wandlung eine buchstäbliche ABCtraktion, nämlich ein später Effekt der antiken Alphabetisierung von Oralität (Argument McLuhan)? In der multiplen Verwendung des *einen* altgriechischen Alphabets zu Zwecken der Verschriftlichung von Sprache, der numerischen Mathematik, und der musikalischen Notation ist die binäre Verzifferung der Welt techno-logisch schon angelegt und wird im Digitalcomputer als innertechnische Rekursion dieser Alphabetisierung manifest. Gewährt ABCtraktion den Begriff einer wahren ontologischen Welt als Welt der Ideen und mathematischen Relationen (mit Platon und Pythagoras), oder nicht mehr als eine stochastische Annäherung, gleich der *optical character recognition* in frühen künstlichen neuronalen Netzen, etwa Frank Rosenblatts Perceptron?

274 "Je näher man ein Wort ansieht, desto ferner sieht es zurück." Karl Kraus, in: Die Fackel (1911); Wiederabdruck in: ders., Ausgewählte Schriften, Bd. IV: Pro domo et mundo, München (Langen) 1912, (164)

275 Horst Völz, Probleme der Wissenschaft. Ein Versuch, Düren (Shaker) 2022, Kapitel 8, 27-30 (27)

Digitalisierung als mathematische Approximation an die physikalische Welt

Und damit zurück zur "negativen Medienontologie" des Digitalcomputers: Medienarchäologie erinnert daran, dass die algorithmische Maschine durch Turing 1937 von den Grenzen der Berechenbarkeit her, also *ex negativo* definiert wurde. Dementsprechend vermag der Digitalrechner stetige oder stochastische Weltprozesse lediglich infinitesimal (Leibniz) oder in Form von Gauß-Kurven zu approximieren.

Zwischen "analog" und "digital" steht die Zeigeruhr mit ihrem klassischen Ziffernblatt. "bei der zahlenuhr" - im Unterschied zur Sonnenuhr mit ihrem *gnomon* - "muß ich den zeitwert in die zeitlandschaft erst umsetzen."²⁷⁶ Die Digitaluhr bietet demgegenüber numerische Präzisierung - und zugleich eine Abstraktion von (oder mit Aristoteles überhaupt erst *zur*) "Zeit". Zeitbewegung wird unsinnlich, von der "phänomenologischen" (Husserl) zur mathematischen Zeit (kritisiert von Bergson). Seitdem gilt buchstäblich: "die zeit gehörte turing [...]."²⁷⁷

Otl Aicher, Mitbegründer des "Institut für analoge Studien" an der Ulmer Hochschule für Gestaltung, diagnostiziert: "die neuzeit beginnt mit der tötung des phänomens"²⁷⁸ insofern sie die Welt buchstäblich berechenbar macht. Manifest wird dies in der analytischen Geometrie René Descartes, welche anschauliche visuell wahrnehmbaren Längen in ein Zahlenwerk umsetzte. "das digitale zeitalter begann"²⁷⁹ - um den Preis der geometrischen Anschaulichkeit und als deren "Entleerung ihres Sinn"(so die Diagnose von Seiten Edmund Husserls, in seiner *Krisis*-Schrift von 1935/36). "die welt schrumpfte zu rechenoperationen zusammen" (ebd.). Galileo Galilei berechnet den "Fall" eines Gegenstandes aus Weg und Zeit und findet dafür eine mathematische Formel.

Das kartesische Koordinatensystem ersetzt die Perspektivmalerei der Renaissance durch Diagrammatik. Die damit verbundene analytische Geometrie stellt als Algebraisierung der Anschaulichkeit bereits eine symboltechnische Analog-zu-Digital-Wandlung dar, indem sie Signale verziffert und damit diskret adressierbar macht - die Grundlage aller speicherprogrammierten Komputation. Eine ballistische Kurve auf dem Pixelbildschirm bildet tatsächlich, beim genaueren Hinsehen, eine Treppenfunktion; ein tatsächlicher Kreis existiert allein als Noema, als platonischer Körper. Demgegenüber vermag ein Vektor-Bildschirm als "random-scan display" durch seine Lichtspur auf der Phosphorschicht,

276 Otl Aicher, analog und digital [*1978], 45-52 (45)

277 Otl Aicher, kulturen des denkens, in: ders. 1991: 180-189 (182)

278 Otl Aicher, ehrendes begräbnis für descartes, in: ders. 1991, 63-72 (63)

279 Aicher 1991: 64

welche der Kathodenstrahl hinterläßt - selbst ein quantenphysikalisch diskreter Prozess, nämlich der "photonische" Energiequantensprung - tatsächlich kontinuierliche Linien zu zeichnen: populär von Seiten der *Vectrex*, einer stationären Computerspielkonsole von 1982 (etwa für das Spiel *Asteroids*). "Auffälligstes Merkmal ist der eingebaute Hochformat-Schwarz-Weiß-Vektorbildschirm"²⁸⁰, im tatsächlichen Medienvollzug (und nicht schlicht als "blindes" Ausstellungsobjekt im technischen Museum) erfahrbar *im* und *als* Signallabor. "[c]onstructing a frame of *Asteroids* is more like drawing"²⁸¹, im Unterschied zum zeilenförmigen Video- und Fernsehbild als halb-"digitalem" Raster, oder gar der vollends digitalen Pixelgraphik.

Die analytische (kartesianische) Geometrie ist eine numerische, nunmehr: komputative Abstraktion von weltlich vorliegenden, idiosynkratisch unendlich differenzierten Objekten. Ist diese neuzeitliche Vorstufe einer "Digitalisierung" der Natur eine weitere platonische Idealisierung, mithin eine Metaphysik? Ihre zeitgenössische Alternative ist im Namen von Newtons Fluxationsrechnung und Leibniz' Differentialrechnung "die Beschreibung zeit- und wertkontinuierlicher physikalischer Phänomene (analoge Welt) durch Differentialgleichungen [...] deren Lösungsinstrumentarium deutlich arrivierter [...] ist, als die Beschreibung durch Summen [...]. Integrale löst jeder Rechner durch Summenapproximation, die unter gewissen Randbedingungen sogar exakt ist, so dass wert- und zeitdiskrete Verfahren (digitale Verfahren [...]) der analogen Beschreibung und der beobachtbaren Welt exakt entsprechen."²⁸²

"Aufhebung" der Dichtotomie von Geist und Materie ("digital" und "analog") im technomathematischen Raum, oder deren fortwährende Verschiebung (*différance*) in Friktionen und Rauschen?

Die derzeit ubiquitäre "Digitalisierung" stellt keine schlicht weitere Eskalation bisheriger symbolischer Kultur- und materialer Maschinentekniken zu Technologien dar, sondern bedeutet deren "Aufhebung" (Hegel) in einer techno-mathematischen Existenz. So "kassiert" (Kittler, GFT) der Computer den bisherigen technisch ausdifferenzierten Medienbegriff als Einzelmedienforschung und hebt sie als bloße Formate in der universellen Turingmaschine auf (These Heidenreich, FlipFlop). Medienwissenschaft wird damit selbst "historisch" respektive erweitert zu einer Medien- und Computerwissenschaft; damit einher geht ein Paradigmenwechsel zugunsten einer andersartigen (ex-) "Medien"theorie.

280 <https://de.wikipedia.org/wiki/Vectrex>, Abruf 27. Mai 2022

281 Bogost 2012: 101

282 Loffeld 2022: 260

Erst was der mathematischen Analysis zugänglich ist, lässt sich umgekehrt auch techno-logisch synthetisieren - etwa die Sprünge von Körpern im virtuellen Raum in Computerspielen durch die *physical engine*. Das einzig Physikalische an dieser algorithmischen Maschinerie aber ist - dem Begriff der *engine* zum Trotz (wie von im Falle der Analytical Engine von Charles Babbage) die Hardware des Rechners. Erst mit dem neuzeitlichen, auf Vermessung und Mathematisierung beruhenden "Weltbild" (Heidegger) "war die technik" - als eigentliche - "geboren"²⁸³ - womit auch der Begriff sich von der körpergebundenen Kulturtechnik hin zum mathematisierten Mechanismus verschiebt, mithin: zur veritablen Technologie. Verbunden ist damit kein schlicht historischer Fortschritt, sondern eine buchstäbliche Zeitenwende, eine Wendung im Zeitbegriff selbst: "von nun an gab es den berechenbaren flug von granaten, [...] später raketen" (ebd.). "verloren gegangen ist aber die welt als welt"²⁸⁴ - das kybernetische Opfer der Digitalisierung. Und doch "gibt es keinen freien Fall an sich" (ebd.), sondern immer nur einen konkreten. In den Friktionen (ein Begriff Carls von Clausewitz, in seinem Strategiewerk *Vom Kriege*, 1832) manifestiert sich diese Konkretion. Gegenüber der Abstraktion durch ein Zahlenwerk als Funktion von Beobachtung und Messung soll also zugleich, an der Wurzel bereits, diese Konkretion (in Materie, auf Papier, et al.) mit einkalkuliert werden - insofern sich diese überhaupt diskret kalkulieren lässt. Genau diese Grenzen der Berechenbarkeit testet Turings Entwurf von 1936 aus: *contingent computation*.²⁸⁵

In der Tat gilt (frei nach Kurt Tucholsky): Je näher der aktuelle Prozess der Digitalisierung betrachtet wird, desto ferner schaut er zurück. Jede Unterscheidung zwischen "analog" und "digital" tappt selbst schon in eine metaphysische Falle - die allerdings technologisch effektiv ist. Aus radikal inntertechnischer Sicht sind die für elektronische Digitalisierung angelegten Spannungswerte zunächst kontinuierliche Eingangssignale, und selbst die binäre Rechteckwelle lediglich ein Extremwert überlagerter Sinusschwingungen. Die scheinbar diskontinuierliche Bruchstelle zwischen den Werten Null und Eins verrät im Quantisierungsrauschen bei der Signalerfassung und im Gibbsschen Phänomen der Überspringer an Kippstellen der Schwingungskurven ihre Verwurzelung in der "analogen" physikalischen Welt - nur dass die damit verbundene binäre Unterscheidung es erlaubt, ein Modell namens numerische Mathematik damit hinreichend zur Anwendung zu bringen.

283 Aicher 1991: 64

284 Aicher 1991: 67

285 Im Sinne von M. Beatrice Fazi, *Contingent Computation: Abstraction, Experience, and Indeterminacy in Computational Aesthetics*, London (Rowman & Littlefield) 2018

Für viele "digitale" (und damit algorithmisierbare) Anwendungen werden "die gewünschten [...] diskreten Signale aus kontinuierlichen abgeleitet"²⁸⁶, die ihrerseits zumeist Streuung von Messwerten darstellen, deren physikalische Kontingenz erst in ihrer Normalverteilung mathematisch fassbar ist - etwa in der Beschreibung der Brownschen Molekularbewegung als Gauß-Kurve²⁸⁷, oder in Maxwells Unterstellung eines intellektuellen Dämons, der "widernatürlich" mit den Gesetzen der Natur bricht - oder deren (Selbst-)Bewusstsein einer anderen Ordnung verkörpert?

Die Gewalt der symbolischen Ordnung liegt im *mapping*, in der Kodierung als Zuordnung eines bestimmten Bereiches eines stetigen Messwerts zu einem numerischen Wert 0 oder 1. "Zwischen beiden Bereichen besteht [...] ein verbotener Bereich"²⁸⁸ - die von Norbert Wiener so benannte "time of non-reality"²⁸⁹. Entspricht das, was sich in dieser Zone auftut, der Kluft des undarstellbar Realen im Sinne Jacques Lacans, oder ist es dies eine hinreichend beschreibbare Tempo- und Materie-Realität im Sinne der radikalen Medienarchäologie?

Die "analogen" Komponenten und Vorgänge werden in der binären Informationsverarbeitung nicht eliminiert, sondern sind darin aufgehoben, "und zwar in den Schaltkreisen des Rechners selbst", sowie in der Kommunikation - also dem Signalaustausch - "zwischen Computern untereinander und mit anderen Maschinen".

Insofern ist der Begriff der Digitalisierung nicht nur "semantisch unglücklich"²⁹⁰, sondern verschleiert sogar die Einsicht dessen, was technologisch waltet. Genau hier liegt die Aufgabe der präzisierenden Begriffsklärung von Seiten der Medientheorie. Tatsächlich erweist sich eine allzu lineare und einseitige Begriff der Digitalisierung, wie sie den Diskurs derzeit noch als Forderung und Begründung ökonomischen und kommunikativen Handelns bestimmt, längst als Sackgasse.²⁹¹ Nicht erst die Zukunft Informationsverarbeitung wird durch ein "feinmaschigeres Zusammenspiel von Analogem und Digitalem geprägt sein"²⁹², sondern ist es - diesseits aller medienphänomenologischen Diagnose - auf technischer Ebene längst schon. Sogenannte "digitale Medien" gibt es in diesem Sinne gar nicht; sie entspringen erst einer willkürlichen

286 Völz 2022: 28

287 <https://de.wikipedia.org/wiki/Normalverteilung>, Abruf 20. Mai 2022

288 Völz 2022: 29

289 Dazu Claus Pias, Time of Non-Reality. Miszellen zum Thema Zeit und Auflösung, in: Axel Volmar (Hg.), Zeitkritische Medien, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009, 267-279

290 Mertens et al. 2017: x

291 Siehe etwa Jan Distelmeyer, Kritik der Digitalität, Wiesbaden (Springer VS) 2021

292 Mertens et al. 2017: x

("symbolischen") Vereinbarung, deren Arbitrarität ihrerseits eine technophysikalische Verlockung (respektive "Affordanz") von Seiten binärer Schalter darstellen, in ihnen das kognitive Konstrukt namens Logik, oder die Operation der diskreten Zählung (wieder-)zu erkennen.

Mit der Berücksichtigung der "analogen" Komponente Mensch gegenüber digitaler Technik ist die Forderung, "[...] die Zusammenarbeit von Mensch und IT-Systemen menschenähnlicher zu machen, d. h. ähnlich zu gestalten wie die Kooperation zwischen Menschen untereinander" (Mertens et al.). Doch was sich dementsprechend neuerdings als "künstliche Intelligenz" und "Deep" Machine Learning tarnt, ist lediglich eine List der technologischen Vernunft, sich durch Anthropomorphisierung umso perfekter zu dissimulieren.

Doch wenn die mit der zitierten Aussage verbundene latente Anthropozentrik einer radikal medienarchäologischen innertechnischen Perspektive entgegengehalten wird, werden "Medien der Kooperation" (so der Titel eines Graduiertenkollegs an der Universität Siegen) nicht schlicht als erweiterte Soziologie im Sinne der Actor-Network-Theorie Bruno Latours begriffen - das Zusammenspiel von menschlichen mit nichtmenschlichen Akteuren. Die Agenturen der "Kooperation" werden vielmehr *in* der hochverdichten vernetzten Schaltungen zwischen autonomen Computern selbst aufgesucht. Eine solche kritisch-medienarchäologische Analyse erinnert unermüdlich daran, dass die Ursprünge der heftig zirkulierenden Begriffsmünze Digitalisierung²⁹³ nicht im Mensch-Maschine-Verhältnis, sondern in Paradigmen der Nachrichtentechnik und anderen Technikwissenschaften liegen.

Wie schon die kulturtechnische Kernoperation des Zählens - die "Zählhand" - auf konkret un-gleichen Fingern beruhte, die allein als neuronale (oder rechentechnisch "virtuelle") Repräsentation zur "Zahl" abstrahiert werden, kehrt dieses mathematische Symbol als Rechentechnik wieder in ihren konkret diversen Verkörperungen ein. Erst dieser dialektische Dreischritt erlaubt es den konkreten Elementen, systematisch operativ zu werden, und definiert "kulturelles" Wissen als ebenso evolutionäres wie operatives Durchgangsstadium eines impliziten Naturwissens selbst.

Realisiert auf klassischer von-Neumann-Architektur, kehrt hier das kulturtechnisch "Digitale" technologisch wieder ein. "Die Zahl" aber gibt es in der Welt - Pythagoras zum Trotz - gar nicht, sondern unvordenklich nur (frei nach Flusser) die differentielle "Geste" des Zählens, gleich der Wendung des Ochsenpflugs auf dem Acker als primäre Kulturtechnik, die dann in Schreibweisen und Textformatierungen ("Bustrophedon") überging.

293 Siehe die Webseite des Bayerischen Forschungsinstituts für Digitale Transformation, <https://www.bidt.digital/glossar-uebersicht>

Gibt es neben diesem anthropozentrischen "uns" (Jannidis) noch andere Interessen? Darauf deutet das, was sich in der logisch gefügten, und dann konkret algorithmisch verzeitlichten Materialität zu Wort meldet, indessen in der reinen Abstraktion nicht stattfindet. Nicht nur die binäre Kodierung, auch die Materialität macht einen Unterschied - aber in anderer Artikulationsweise. Matthew Kirschenbaum unterscheidet in *Mechanism*²⁹⁴ für den Computer - insbesondere Festplattenlaufwerke - zwischen forensischer (physikalisch-technischer) und formaler (Software-Formatierungen) Materialität. Letztendlich aber ist auch letztere nur in Spannungszuständen faßbar. Unabdingbar ist die informationstheoretische Unterscheidung zwischen Null und Eins auf den verdinglichten Vollzug angewiesen - vom neuronalen Gehirn, über Bleistift und Papier, bis hin zur vollelektronischen Autonomie. Aus radikal medienarchäologischer Sicht gibt es gar keine "non-reality" (Norbert Wiener) im *timing* zwischen binären Schaltzuständen; hier manifestiert sich die bemerkenswerte Zeitvergessenheit der Informationstheorie binärer Kodierung. Jede digitale "Daten"verarbeitung entpuppt sich als Idealisierung einer konkreten Signalprozessierung - eine Einsicht, mit der sich der Diskursanalytiker Friedrich Kittler selbst zum "Es gibt keine Software"-Kittler medienarchäologisch (und nicht schlicht wissensarchäologisch) radikalisierte. Ist die "analog" / "digital"-Unterscheidung eine externe Gewaltanwendung gegenüber dem technischen Ding, oder darin schon angelegt - als rekursive, letztendliche Entfaltung eines immanenten *Technológos*?

HYBRIDISIERUNG DES "DIGITALEN"

Digitalisierung an den Grenzen zur Quantenphysik

Die Form des Ausdruckes "Digitalisierung" suggeriert das Vorhandensein primär nicht-digitaler Ausgangssignale (im Unterschied zu genuin computergenerierten *born digital* Daten). Die damit verbundene medienontologische Gretchenfrage ist die folgende: Ist die natürliche Welt *a priori* "analog"? Die Elementarteilchen der Mikroelektronik, Elektronen, zeitigen je nach Meßakt sowohl Teilchen- wie Welleneigenschaften. Der Annahme einer *a priori* "analogen" Welt steht die Annahme diskreter Energiesprünge in der Quantenphysik gegenüber²⁹⁵, die bislang zwar die technische Welt der Newtonschen

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

295 Für eine analoge Fragestellung für das Gebiet des phonographischen "Klangs" siehe David Friedrich, *The Duality of Sound. Eine medienwissenschaftliche Zeitkritik des sonischen Signalwesens* (Masterarbeit 2021), auf dem edoc-Server der Humboldt-Universität zu Berlin veröffentlicht: <https://doi.org/10.18452/22911>

("Klassischen") Physik kaum berührte, mit der Miniaturisierung von Mikroelektronik indessen näher rückt. Umgekehrt gilt: Je gröber der binäre Mechanismus - etwa Relaisrechner -, desto sicherer die klare Unterscheidung binärer Zustände. Demgegenüber nähern sich hochverdichtete Integrierte Schaltungen den Grenzen der symbolischen In-formation von Materie in Silizium selbst.²⁹⁶ Sind jetzt schon die Grenzen der Digitalisierung abzusehen? Medienwissenschaft ist vertraut mit der Vorhersage, "dass man bald am Ende einer Entwicklung sein könnte, die mit dem Moore'schen Gesetz quantifiziert wird"²⁹⁷. Eine weitere Miniaturisierung von Schaltkreisen wird sich nicht nur ökonomisch kaum rechnen, sondern hier grenzt die technische Digitalisierung (verstanden als In-Formation konkreter Materie durch logische Konstrukte) auch an das physikalische Veto der Materie selbst.

"Nun arbeitet man in diesem Zusammenhang mit Quantencomputern, die nicht mehr nur Informationseinheiten mit Hilfe von binären Nullen und Einsen abbilden, sondern auch viele Zwischenzustände kennen oder Schwingungsrichtungen und -zustände" als Information namens *qbits* verarbeiten. "Spezialgebiete sind die Quantenfotonik oder die Quantensimulation hochkomplexer Systeme", und so lassen sich die bisherigen Elementarteilchen der hochtechnischen Medien, nämlich die Elektron, "unter bestimmten Umständen in Quasi-Teilchen aufspalten, welche Träger von Teileigenschaften sind („Sub-Elektronen“)"²⁹⁸.

Gerät damit auch Medienwissenschaft unterhalb ihre bisherigen (buchstäblich) *elementaren* Paradigmen, diesseits des Alphabets, das (frei nach McLuhan) als Kulturtechnik seit der "Phonographisierung" Homers das Muster wissenschaftlicher Analyse (angefangen vom Klang der Sprache zur Schrift) geliefert hatte?

"Als anderes Extrem findet man [...] die Auffassung, dass die ganze Welt in ihrem Innersten digital sei. Der Physiker und Mathematiker Stephen Wolfram stellt sich das Universum" nicht nur - schon bei Charles Babbage - "als einen einzigen gewaltigen Digitalcomputer vor" (ebd.) respektive als Analytical Engine, sondern setzte diesen Gedanken im Game of Life spielerisch in Szene.

Das Theorem des *computational universe* geht epistemologisch bis auf Pythagoras zurück, denn was dieser an der Oktave des Monochord *erhörte* war nicht etwa ein musikalischer Inhalt, sondern die implizit sonische Botschaft der Gesetze der schwingenden Saite: Die Welt sei gleich ganzzahligen Brüchen harmonisch geordnet, mithin also Zahl - ein

296 Dazu Friedrich Kittler, Es gibt keine Software, in: ders., Draculas Vermächtnis. Technische Schriften, Leipzig (Reclam) 1993, 225-242

297 Mertens et al. 2017: 36

298 Mertens et al. 2017: 36

Gedanke, der seitdem bis an die Grenzen der *prinzipiellen (en arché)* Berechenbarkeit getrieben wird.

Im Zuge der kybernetischen Episteme expandierte die wissenschaftliche Weltanalyse nach dem Modell (oder eben *Technológos*) der Digitalisierung bis in die biologische Genetik, die nicht schlicht Gene ausfindig macht, sondern sie systematisch *ausliest* ²⁹⁹ Das Lesen (von *legein*) steht hier auch für den diskreten Code. Mit dem genetischen Code wurde - ansetzend mit Erwin Schrödingers Vortrag über die lebende Zelle *What is Life* (1944) - das "Digitale" im Menschen selbst entdeckt. In diesem Sinne fragt auch die *Technológos*-Hypothese für technische Medien: Ist der digitale Code eine der Materie aufgezwungene symbolische Ordnung, oder emaniert sie - zumindest zeitweise - aus der wissensbasierten Konfiguration und kulturellen Information von Materie und Energie selbst?

Analoge Hybridisierungen des Digitalen

Neuromorphes *Computing* (statt schlicht: Computer) zieht der reinen Binarisierung gegenüber "weitere, zum Teil analoge Prozesse in Betracht [...]. Beispiele sind die Ausschüttung von biochemischen Molekülen (Neurotransmittern), Ionenströme, die per Addition zu Impulsen führen, sich auf- und abbauende Nervenfasern oder generell Wellenbewegungen" ³⁰⁰.

Doch dieser Orientierung am biologischen Gehirn steht die Alterität genuin techno-logischer Artefakte gegenüber. Das Deep Machine Learning, heute in aller Munde, beruht in der Tat auf künstlichen neuronalen Netzen, für welche der Analogcomputer in seiner Parallelverarbeitung gerechtfertigter erscheint als die Realisierung in Form der Daten-Pipelines der von-Neumann-Architektur, welche im Prinzip nur "one bit at a time" (respektive parallele Bit-Blöcke) im Datenbus zu übertragen und in den Registern der ALU zu verarbeiten vermag. Eben jener John von Neumann hat in seiner Schrift *Die Rechenmaschine und das Gehirn* (München 1960) als analog / digital-Hybrid betont. "Das menschliche Hirn ist dadurch geprägt, dass es viele Zustände simultan haben kann. Durch strenge Trennung in nur zwei Zustände (Null und Eins) kann man dem kaum gerecht werden." (ebd.) Und doch war die Entdeckung, dass Neuronen entweder "feuern" oder nicht, modellbildend für die Kybernetik der Künstlichen Intelligenz erster Ordnung (McCulloch / Pitts). Und doch sind die gängigen KNNs bislang weiterhin in klassischer von-Neumann-Architektur implementiert.

299 Dazu Lily E. Kay, *Who Wrote the Book of Life? A History of the Genetic Code*, Stanford (Stanford University Press) 1999

300 Mertens et al. 2017: 37

Tatsächlich neigt die digitale Datenübertragung, die eine nachrichtentheoretische Idealisierung darstellt, in allen ihren tatsächlichen Verkörperungen zur Verrauschung, mithin: Re-Analogisierung. "Bei kabelloser Datenübertragung, z. B. zwischen einem Mobiltelefon und einem Computer, spielt der Wechsel zwischen sich analog abschwächenden Feldstärken und deren Wiederauffrischung eine große Rolle"³⁰¹ - vertraut vom elektromechanischen *repeater regenerator* in der frühen Telegraphie. Dieses von Siemens entwickelte Relais holte die Digitalität des Morse-Codes auch übertragungstechnisch ein.

Die Softwareentwicklung antwortet darauf mit einer (scheinbaren) Entgrenzung des Binären, etwa durch flexiblere Fehlertoleranzen (Approximate Computing).³⁰²

"Analog ist das neue Bio"?

Vor Jahrzehnten verteidigte der Mitbegründer der Hochschule für Gestaltung in Ulm, Otl Aicher, an seinem "Institut für analoge Studien" eine zunehmend computerisierte Welt zugunsten der Gestaltwahrnehmung, indem er aus der Tiefendimension philosophischen Denkens in Alteuropa den Menschen als im Wesentlichen "analoges", nämlich Verhältnisse herstellendes Wesen definierte.³⁰³ Jüngst warnt Andre Wilkens unter dem Titel *Analog ist das neue Bio. Ein Plädoyer für eine menschliche digitale Welt*³⁰⁴ vor den Kollateralschäden einer digitalisierten Kommunikationswelt, und empfiehlt "analoge" Entlastungsmanöver, wie etwa das handschriftliche Briefeschreiben gegenüber dem Online-Dasein im nur noch metaphorisch so genannten E-"Mail"-Telegrammstil.

Tatsächlich beharrt auch gegenüber einer vollelektronisierten Musik (vom Synthesizer bis zum Live-Coding) die hybride Kombination derselben mit Musikanten an haptisch manipulierbaren, materialen Instrumenten (wie etwa das experimentell modifizierte Schlagzeug), so daß der *Technológos* immerfort in welthaftigen Signalen geerdet wird - als wollen sich die Menschen vergewissern, immer noch in einer realen Umgebung gehalten zu werden.³⁰⁵

In ihren Untersuchungen über die Verstrickungen von AI und Recht kommt auch die Rechtswissenschaftlerin Lucia Sommerer auf die Rolle

301 Mertens et al. 2017: 39

302 Mertens et al. 2017: 37

303 Otl Aicher, *Analog und Digital*, Ernst & Sohn 1991

304 Frankfurt / M. (Fischer) 2017

305 Etwa an einem von Radio AlHara organisierten Abend im Arkaoda, Berlin Neukölln, mit Dj Die Soon // Cadaver Mike // Sec_ // Kassara // Ibrahim Owais, 22. Februar 2023

von "analogen" Metaphern in der digitalen Welt zu sprechen. "The less familiar we feel with a technology, the greater our need for visual language as a set of epistemic crutches ["Krücken"]. [...] metaphors in the digital realm are loaded with the assumptions of the analogue world from which the imagery is borrowed."³⁰⁶ Denn mit der binären Datenverarbeitung und -übertragung geht eine Alles / Nichts-Ästhetik einher, zuungunsten des analogen Rauschens als Zwischenzustand. Doch für Menschensinne ist diese binäre Radikalität phänomenologisch unfaßbar.

[Dementsprechend findet eine signaltechnische Ausdifferenzierung von "analog" und "digital" auch in Wilkens Buch nicht statt, und die Erklärung des "Digitalen" beschränkt sich auf wenige Sätze, welche das lateinische Wort für Finger (*digitus*) mit dem Zählen in Nullen und Einsen, also dem Computer, verbinden. "Mein Verständnis von Digital ist gesellschaftlich und kulturell. Technische Definitionen können andere besser."³⁰⁷ Worin die "analoge" Alternative liegt ("das neue Bio"), und ob dies bloße Nostalgie darstellt oder eine medienepistemische Gegenwelt, bleibt unerörtert. Genau dies ist der Platz von Medienwissenschaft.]

AV-MEDIEN UND IHRE "DIGITALISIERUNG"

Zum "Welttag des audiovisuellen Erbes"

Der World Day for Audiovisual Heritage - jeweils zum 27. Oktober - wurde im Jahr 2005 von Seiten der UNESCO ausgerufen - seinerseits zum 25. Jahrestag ihrer Empfehlung zum Schutz und zur Erhaltung bewegter Bilder. "Audiovisuelle Medien werden auf unterschiedlichen analogen und digitalen Trägern gespeichert. Diese sind in unterschiedlichem Maße vom Verfall bedroht"³⁰⁸, und damit korrespondieren nicht nur unterschiedliche Zeitmaße, sondern auch Modi der technologischen Tempor(e)alität.

Tatsächlich wird vielfach das Fach Medienwissenschaft aus einem primären Interesse an den sogenannten AV-Medien studiert, welche nicht nur Michel Chion - mit Blick auf den Tonfilm und sein Kinodispositiv - als

306 Lucia Sommerer, Algorithmic Veil: Why the image of the black box is harmful to the regulation of AI, eingestellt am 1. Februar 2022 im Blog "ai. Better Images of AI. The community blog", <https://blog.betterimagesofai.org/from-black-box-to-algorithmic-veil-why-the-image-of-the-black-box-is-harmful-to-the-regulation-of-ai>, abgerufen am 15. Juni 2022. Der Eintrag basiert auf dem demnächst erscheinenden Buch von Lucia Sommerer, *Self-imposed Algorithmic Thoughtlessness and the Automation of Crime Control*, Nomos / Hart 2022

307 Wilkens 2017: 18

308 https://de.wikipedia.org/wiki/Welttag_des_audiovisuellen_Erbes, Abruf 2. November 2022

phänomenologisch (wenngleich nicht inntertechnisch) asymmetrisch identifiziert und daher durch eine trennende Schreibweise betont: *L'Audio-visuel*. Unterdessen hat nicht erst die Digitalisierung der auditiven und optischen Signale (als Signalwandlung zweiter Ordnung) den Begriff der "Medien" selbst "kassiert", wie es Friedrich Kittler in der Einleitung von *Grammophon - Film - Typewriter* formuliert. Bereits die elektronischen AV-Medien haben (primär) optische und akustische Signale in elektrische Spannungen gewandelt und damit die sinnesphysiologische Differenz suspendiert. Aus innertechnischer (elektronischer) Sicht gibt es kein "Bild". Optische Medien sind, medienarchäologisch präzise, bestenfalls jene Geräte, welche optische Signalflüsse unmittelbar manipulieren, brechen, verstärken - etwa die *camera obscura*.

Aus Anlass dieses AV-Welttages recycelt etwa der Deutschlandfunk "historische" Rundfunkaufnahmen aus dem Rundfunkarchiv unter dem problematischen Stichwort "Retro", das diskursiv vorschnell Nostalgie assoziieren läßt. Das Signallabor der Medienwissenschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin versteht darunter (speziell als Retrocomputing) vielmehr die *Wiederaktivierung* und die radikal gegenwärtige Umnutzung archaischer Medien, gemäß dem medienarchäologischen Primat der operativen Enthistorisierung. Der hiesigen Mediendefinition zufolge ist jedes "antike" Medium (oder gar "dead media", mit Bruce Sterling) im radikal gegenwärtigen Zustand, sobald es (wieder) Signale verarbeitet.

In seiner medienarchäologischen Bedeutung heißt "Digitalisierung" des analogen AV-Speichers (etwa auf Tonträgern wie Phonograph und Magentophon) die Generierung einer neuen Möglichkeitsbedingung für Gedächtnis - das eigentlich, in die operative Gegenwart verlagerte neue "Archiv" im Sinne Foucaults.

Sampling bedeutet recht eigentlich eine End(wenn nicht gar Ent-)zeitlichung, denn in dieser Operation wird die Zeitdomäne der sinusoidalen Signale in ihren Kehrwert, die Frequenzdomäne gewandelt - und damit erst dem digitalen Rechner zugänglich gemacht, der (sich) nur numerische Operationen versteht.

Segnungen der digitalen Übertragung

Marshall McLuhans verfasste einst in Form seines *Media Log* eine Echtzeit-Analyse der seinerzeit aktuellen Medienkultur - sporadische Eintragungen mit gedankenblitzartigen Beobachtungen zur Medienlage.³⁰⁹ In der Inkubationsphase elektronischer Digitalrechner

309 Marshall McLuhan, "Media Log", in: ders., *Counterblast*, University of Toronto 1954 (Reprint Gingko Press 2011), Teil 2. Siehe ferner *The Idea*

fürten die Informatiker und Ingenieure noch "Logbücher" mit täglichen Protokollen der Funktionsfähigkeit der Maschine; legendär ist ein eingeklebter verbrannter Käfer, der zwischen erhitzte Elektronenröhren gelangt und einen Kurzschluss im Rechenprozess hergestellt hatte - seitdem namensgebend für das *debugging* fehlerhaft programmierten Quellcodes. Nach diesem Vorbild lassen sich techno-epistemologische Miniaturen als "Erkenntnisfunken" formulieren, die aus konkreten medientechnischen Situationen analytisch entspringen.

Einen solchen medienphänomenologischen Eintrag im *Logbuch Medienwissen* verdient die Radioübertragung des päpstlichen Segens aus Rom am Ostersonntag, den 17. April 2022, sein "urbi et orbi" ("der Stadt und dem Erdkreis"). Dies erinnert nicht nur daran, dass der Missionsgedanke der katholischen Kirche immer schon die neuesten Übertragungsmedien auch für sich anverwandelt hat - so etwa das Engagement Marconis zur Errichtung der ersten Sendeantenne von Radio Vatikan. Zum Anderen aber war vor Jahrzehnten eine theologische Debatte darüber entbrannt, ob denn der päpstliche Segen auch jenseits von Realpräsenz auf dem Petersplatz in Rom gilt, sprich: über den Kanal der Radioübertragung. Im Sinne eines indexikalischen Begriffs der "analogen" Medien wurde von Johannes Paul II. entschieden, dass sowohl die Radio- wie auch Fernsehübertragung nicht nur eine Nachricht des Segnungseignisses ist, sondern die signalbasierte Segnung selbst. Das Evangelium ist hier die Medienbotschaft im Sinne einer Kernthese Marshall McLuhans - und zugespitzt lautet die "frohe Botschaft" hier das gelingende technische Übertragungseignis selbst, als Verkörperung des globalen "kathologischen" Geltungsanspruchs im Medium der elektromagnetischen Wellen (wenn nicht gar "Äther").³¹⁰ Erstaunlicherweise verkündete die Kommentatorin des Bayerischen Rundfunks am 17. April 2022 nun auch die Gültigkeit des Segens per Internet- und Smartphoneempfang - als ob das *online* übertragene digitalisierte Signal keinen wesentlichen Unterschied zum analogen Radiosignal macht. Tatsächlich aber ist mit digitalen Funknetzen als Atomisierung von Radio nicht schlicht eine Digitalisierung der Signalmodulation gemeint, sondern eine grundlegende Transformation der Übertragungswege selbst: ihre Algorithmisierung als der eigentliche Wesenkern der nur unscharf so genannten "Digitalisierung".³¹¹ Genau hier aber setzt eine medienarchäologische Analyse der sogenannten Digitalisierung an, die vor dem Hintergrund einer techniknahen Kenntnis

File of Harold Adam Innis, hg. v. William Christian, Toronto / Buffalo / London (University of Toronto) 1980

310 Siehe Marshall McLuhan, *The Medium and the Light. Reflections on Religion*, hg. v. Eric McLuhan / Jacek Szklarek, Eugene 1999, sowie aktuell: Rainer Bayreuther, *Der digitale Gott. Glauben unter technologischen Bedingungen*, München (Claudius) 2023

311 Siehe Adrian Mackenzie, *Wirelessness. Radical Empiricism in Network Cultures*, Cambridge, Mass. / London (MIT Press) 2010

der Medienereignisses erkenntnisfördernde Fragen damit verbindet: etwa die Frage nach Authentizität des digitalen Signals.

"Sofort, unverzüglich" (Günther Schabowski): Instant Messaging

Als am 9. November 1918 von Berlin aus die (doppelstimmige) Ausrufung der Republik erfolgte (Scheidemann vom Balkon des Reichstags aus, Liebknecht am Berliner Schloss), geschah dies noch an die klassische Gesellschaft als Versammlung von Anwesenden (denn ein Zeitungsdruck konnte dies erst tags darauf disseminieren respektive broadcasten), ohne Verstärkung als Rundfunk durch ein Radiomikrophon; die technische Erdung (respektive das Apriori der Elektronik) dafür war die Verstärkerröhre, welche Adressen auch an "Abwesende" in der telekommunikativen Ferne ermöglichte (wie in Einsteins Eröffnungsrede zur Berliner Funkausstellung von 1930 markant formuliert). Hier liegt dann auch der ganze medienarchäologische Unterschied zum 9. November 1989.

Der Berliner Mauerfall setzt gemeinhin mit dem nahezu synchronen Ansturm der Ost-Berliner Bevölkerung auf diverse Grenzübergangsstellen am Abend des 9. November 1989 an. Die manifeste Auslösung dieses Falls durch den Pressesprecher des Ost-Berliner Politbüros der SED, Günther Schabowski, war seine Antwort auf eine journalistische Nachfrage zum Zeitpunkt des Inkrafttretens einer neuen Regelung zur antragslosen Reisefreiheit von Ost nach West: "Soweit ich informiert bin: sofort", was bei den heimischen Fernsehteilnehmern eine unverzügliche Bewegung auslöste. Die eigentliche Medienbotschaft aber liegt nicht auf der publizistischen Ebene, sondern in der medienarchäologischen Latenz der Infrastruktur analogen Rundfunks (Radio wie TV), der sich blitzhaft als *aletheia* entbirgt, d. h. der *Technólogos* artikuliert sich in solchen Momenten der technischen Singularität als unverborgen. Denn die Wirkung von Schabowskis Temporaladverb "sofort" gewann ihre Durchschlagskraft allein als ein technischer Effekt, mit phänomenologisch affektiver Konsequenz des kollektivbildenden Wesens von Rundfunk als One-to-Many-Ausstrahlung im Unterschied zum Peer-to-Peer im digitalen Netz. Im Menschen ist der Affekt das, was sich rascher auswirkt, als es kognitiv bewußt wird, im Zehntelsekundenbereich (Massumi, Kanales, Angerer). Ein Adverb ist eine unmittelbare Modulation der verbalen Aussage. Linguistisch meint das Temporaladverb "sofort": "unmittelbar nach einem bestimmten Geschehen ohne zeitliche Verzögerung; unverzüglich innerhalb kürzester Frist. unmittelbar nach einem bestimmten Geschehen"³¹². Die Kriegswissenschaft brachte diesen zeitkritischen Operator auf den Punkt: "Unvorhergesehene Gelegenheiten

312 So zitiert aus dem Wörterbuch Deutsch auf der Webseite educolingo, <https://educalingo.com/de/dic-de/sofort>, Abruf 9. November 2022

sind unverzüglich zu nutzen, und auf unvorhergesehene Schwierigkeiten ist sofort zu reagieren" (Carl von Clausewitz ", zitiert ebd.).

Die Aufhebung der zeitlichen Verzögerung ist aus dem Kern der Sprache medientechnischen Wissens (also "Medienwissenschaft" im medienarchäologischen Sinne) vertraut. Der semantische Effekt des "sofort" steht hier im Verbund mit dem elektronischen Wesen der "live"-Sendung. Denn hier wurde das "sofort" tatsächlich "unverzüglich" übertragen und löste bei den Rundfunkempfängern (Radio und Fernsehen) den Sturm auf die Ost-Berliner Grenzübergänge aus. Wäre Schabowskis "sofort" digital übertragen worden, hätte es für das System nicht nur die Gelegenheit zur Zensur in der digitaltechnisch bedingten Latenzzeit der verzögerten Übertragung gegeben, sondern auch die Option zur automatisierten Erkennung der fatalen Konsequenzen im Prozess der algorithmisch "intelligenten" Datenübertragung, der sich nicht auf Verfahren der effektiven Signalkomprimierung beschränkt, sondern inzwischen alle möglichen Formen des *monitoring* miteinbezieht, also der *intelligence* im englischsprachigen militärischen Doppelsinn des Begriffs (vertraut auch aus der deutschen "Aufklärung").

Real time ist geradezu das Gegenteil dessen, was der Begriff auf den ersten Blick verheißt - nämlich Zeitechtheit, tempor(e)ale *high fidelity*. "Echtzeit" bezeichnet vielmehr die Zeit, die ein digitalen tatsächlich braucht, um Signale als Daten zu prozessieren und zu übertragen. Die Signalübertragung "im Nu", unterscheidet den klassischen Live-Rundfunk vom Nachrichtenwesen der sogenannten Sozialen Medien-Plattformen wie das Instant Messaging - allerdings in den physikalischen Grenzen der Lichtgeschwindigkeit, deren Überbietung dann doch eine Zeitreise in die Vergangenheit ermöglicht, im Unterschied zu ihrer Untertunnelung durch digitale Intelligenz³¹³.

Instant Messaging lässt selbst den Kittlerschen "Telegrammstil" noch archaisch aussehen. Bedingung für die Präsenzillusion des Instant Messaging ist eine buchstäblich techno-logische Infrastruktur: Die Teilnehmer müssen symbolisch durch Protokolle über ein Netz, und real über elektrotechnische Server miteinander verbunden sein. Als Telekommunikationsform ist Instant Messaging eine Alternative zum Short Message Service (SMS) im Mobilfunk, und beerbt medienarchäologisch die ebenso signalkodierte Telegraphie (also nicht schlicht *signalmoduliert* wie Telephonie und Radio). Teilnehmende erkennen "an der Präsenzinformation, ob der andere zu einem Gespräch bereit ist"³¹⁴.

313 Dazu Bernhard Vief, Die Inflation der Igel. Versuch über die Medien, in: Derrick de Kerckhove / Martina Leeker / Kerstin Schmidt (Hg.), McLuhan neu lesen. Kritische Analysen zu Medien und Kultur im 21. Jahrhundert, Berlin (transcript) 2008, 213-232

[Ein Teilnehmer illustriert plastisch, wie seine Beantwortung einer soeben eingetroffenen E-Mail "in den 'kürzest-slot' zwischen 'abend-entertainment' und 'gute-nacht-geschichte' gefallen ist, in der unsere tochter sich 'bettfein' macht (zähneputzen etc und schlafanzug anziehen) da muss das schnell gehen ;-)." ³¹⁵]

"In der Regel können Nachrichten auch abgeschickt werden, wenn der Gesprächspartner gerade nicht online ist; die Nachricht wird dann vom Server zwischengespeichert und später an den Empfänger ausgeliefert, wenn dieser wieder erreichbar ist": verzögerte Gegenwart (*delayed presence*). So ist es möglich, am kommenden Morgen aus der heimischen Mailbox abzurufen, was abends zuvor versendet wurde - um den Preis, dass die damit verbundene Aktualität damit bereits historisiert wurde.

"Instant" im Sinne einer punktuellen Jetztzeit ist also eine begriffliche Verblendung des digitalen Messenger-Dienstes. Es handelt sich, gleich dem "live streaming", vielmehr um eine *remediation*, wie sie Bolter / Grusin als semantischen *lag* bezeichnen, der eine abrupt neue Medienkultur mit der vertrauten, aber verabschiedeten vorherigen Medienepoche buchstäblich wieder "versöhnt" (Wiederherstellung, Wiedergutmachung, Sanierung) - und medienwissenschaftlich als Begriff einen Doppelsinn hat, nämlich die Versöhnung mit dem vorherigen Medium.

Zur Indexikalität des "Live Streaming"

Im Schatten von Künstlicher Intelligenz und Machine Learning erscheint die Autorisierung der Datenübertragung eines tatsächlichen Kommunikationspartners empfängerseitig zunehmend fraglich. Allein der diskursive (nicht-technische) "Gesellschaftsvertrag" der Telekommunikation (seit Zeiten der Telegraphie und der Telephonie, kulturtechnisch vorgespurt durch den Briefverkehr) gewährt dem digitalen Gespräch noch einen Authentizitätsvorschuß. An dieser Stelle "erdet" radikale Medienarchäologie die Analyse, tief hinein in das innertechnische (vielmehr denn zwischenmenschliche) Geschehen. Photosensitive Kleinstkameras mit CCD-Chips virtualisieren das Antlitz eines (vollständig zwischenberechneten) Gegenüber³¹⁶, und Mikrophone

314 Eintrag "Instant Messaging",

https://de.wikipedia.org/wiki/Instant_Messaging, Abruf 23. Juni 2021

315 B. H., elektronische (Rück-)Kommunikation vom 23. Juni 2021

316 Siehe Wolfgang Hagen, Es gibt kein "digitales Bild". Eine medienepistemologische Anmerkung, in: Lorenz Engell / Bernhard Siegert / Joseph Vogel (Hg.), Licht und Leitung [Archiv für Mediengeschichte Nr. 2], Weimar (Bauhaus-Universität) 2002, 103-112; Jens Schröter: Das Ende der Welt. Analoge vs. digitale Bilder - mehr und weniger "Realität", in: ders., Alexander Böhnke (Hg.): Analog / Digital - Opposition oder

sampeln das gesprochene Wort, um es in einen *lógos* der anderen Art zu verwandeln. Welches Maß an Indexikalität ist (im Sinne Laura Marks³¹⁷) mit dieser Welt des Symbolischen noch verbunden? Es ist der unerbittlich physikalische Elektronenfluß selbst. Und doch entbirgt sich auf der nahezu submedientechnischen Ebene der Quantenmechanik eine Welt des Symbolischen zweiter Ordnung.

"Go-live" in Zeiten digitalisierter Kommunikationskanäle?

In einer Rundmail machte das Vizepräsidium für "Haushalt, Personal und Technik [sic]" am 1. August 2022 darauf aufmerksam, dass die Humboldt-Universität im Rahmen des Programms "humboldt gemeinsam" die Umstellung der Entgeltabrechnung auf "SAP Payroll" vorbereitet. Weiter heißt es hierin für das Inkrafttreten der neuen Regelung: "Als Go-live ist hier der 01.01.2023 vorgesehen." Auf der Webseite anaptis heißt es dazu in der Rubrik "Begriffe auf den Punkt gebracht ": "Der sogenannte Go-Live beschreibt die Inbetriebnahme einer Software (z. B. ERP-Software) unter Realbedingungen und damit den Beginn des Regelbetriebs. Gegebenenfalls werden bestehende Systeme während des Go-Lives durch neue Systeme ersetzt."³¹⁸

Doch herrscht in der Begriffswahl ein technisches Missverständnis "digitaler" Prozesse. Die Benennung *Go-live* für die Freischaltung des neuen Software-Systems ist ein Anachronismus, der aus der Zeit der analogen Rundfunktechniken stammt. IT-Systeme können niemals "live", sondern nur in "Echtzeit" (im "Regelbetrieb") arbeiten, d. h. innerhalb definierter Zeitfenster, nicht auf den (Zeit-)Punkt des "Jetzt" gebracht, wie es nur Medien vorbehalten ist, die (prinzipiell) mit Lichtgeschwindigkeit arbeiten - also sehr konkret die klassischen Rundfunkmedien auf Basis elektromagnetischer Wellen (300000 km / Sek.).

Die verpixelte Passage: Jim Campbells *Church on 5th Avenue* (2001)

Jim Campbells Medieninstallation *Church on 5th Avenue* (2001), präsentiert im Rahmen der Ausstellung *Die algorithmische Revolution* des Zentrums für Kunst und Medientechnologie in Karlsruhe 2004, besteht aus einer Matrix von 32x24 [768] Pixeln auf technischer Basis

Kontinuum? Zur Theorie und Geschichte einer Unterscheidung, Bielefeld 2004, 335-354

317 Laura U. Marks, touch. Sensuous Theory and Multisensory Media, Minneapolis (University of Minnesota Press) 2002

318 <https://www.anaptis.com/glossary/go-live>, Abruf 22. August 2022

einer LED-Anlage.³¹⁹ Was im Eingangsbereich einer Kathedrale in Lower Manhattan von einer analogen Videokamera erfaßt wurde, erscheint durch die Wiedergabe der stetigen Signale (Bildzeilen) auf der LED-Lichtfläche als ein "digitales" Bild - nicht indessen als binäre Kodierung, sondern als optische Diskretisierung. Zunächst ist die aus frühen Versuchen zur elektronischen Television vertraute Übertragung von Bildpunkten (Selenzellen) lediglich eine Diskretisierung der analogen Bildvorlage. Von einer Digitalisierung kann erst die Rede sein, wenn die visuellen Signale in Zahlencodes, mithin also binäre Informationseinheiten (Bits) umgesetzt werden. Das scheinbar Kontinuierliche in der wirklichen Welt, vertraut als wogende Menschenmengen, als Wolken, oder als Meereswellen, kehrt eingeholt durch das Sampling-Theorem, wieder ein. Campbells Installation macht die Dissimulation des Diskreten selbst zum Thema: "Eine dünne Scheibe aus Plexiglas ist vor dem Raster befestigt und erzeugt einen Diffuseffekt. Fußgänger, die sich von links nach rechts bewegen, scheinen sich von einem abstrakten zu einem fließenden Bild zu verwandeln. Campbell erreicht damit den Effekt des nahtlosen Übergangs vom digitalen Bild mit Pixelstruktur zum analogen Filmbild."³²⁰ Das medienepistemisch eigentliche Thema dieser technischen Installation aber ist der Widerstreit "zwischen subjektiv-menschlicher Wahrnehmung und der maschinellen Informationsverarbeitung des Computers" (ebd.).

Dieser "Digitalisierung" gegenüber steht Erwin Redls Installation *Flow* Berlin im Rahmen der Ausstellung *Vom Funken zum Pixel* (Oktober 2007 bis Januar 2008) im Lichthof des Martin-Gropius-Baus zu Berlin. Basierend auf komplexen Algorithmen zur Erzeugung des kontrollierten Zufalls, also „born digital“, resultierten hier komplexe LED-Lichtmuster unmittelbar als vollständig digitale Erzeugung aus der Dynamik der systeminternen Datenverarbeitung.

Bei der elektroakustischen Aufnahme einer Wellenbrechung am Strand korreliert das linear fortlaufende Magnetband mit dem Rauschen der Wogen auf der Zeitachse. Bei Aufzeichnung auf Flash-Speicher, ohne daß sich noch eine rotierende Festplatte bewegt, wird daraus eine diskrete Integration der elektroakustischen Wellenform. Was Gottfried Wilhelm Leibniz (Fourier-)analysierte - die Natur in den Wellenbrechungen sich selbst gleichsam rechnen zu hören -, wird im Verfahren der Digitalen Signalverarbeitung (DSP) technomathematisch. Das scheinbar kontingente Kontinuierliche wird nunmehr diskret modelliert.

Das Oxymoron des "Bewegtbilds" (respektive *stillmoving*³²¹) erinnert daran, dass bereits vor der digitalen Nachrichtentechnik anhand der

319 https://www.youtube.com/watch?v=s_F3eIK5utM

320 http://www01.zkm.de/algorithmische-revolution/index.php?module=pagemaster&PAGE_user_op=view_page&PAGE_id=48, Abruf 27. August 2020

Kinematographie gleich der alphabetischen Notation gesprochener Sprache eine Basisoperation der Digitalisierung technisch konkret war, nämlich die Zerstückelung einer scheinbar kontinuierlichen Bewegung oder Dynamik (oder *durée* im Sinne Bergsons) in zeitdiskrete Ausschnitte, welche die Bewegung einfrieren, an sich aber vollständige Bilder bleiben - der filmische Kader. Die klassische filmästhetische Frage "Was aber passiert zwischen den Einzelbildern?" wird indessen durch die vollständige Elementarisierung in Pixel, und die "time of non-reality" (Norbert Wiener) zwischen binären Werten radikalisiert.

Approximation der Digitalisierung an die physikalische Welt? Das Abtasttheorem

Medienarchäologische Analyse legt den Finger auf die techno-epistemische Wunde der Digitalisierung analoger Signale, nämlich das kybernetische Opfer von Informationsverlusten, "weil nicht alle Feinheiten, z. B. eines Bildes, vollständig gespeichert werden können"³²² oder - wie im Fall der MPEG3-Komprimierung auditiver Signale - in ihrer Kompression bewusst in Kauf genommen werden.

Als Verfahren zur "Überführung analoger in digitale Werte zu dem Zweck, sie elektronisch zu übertragen, zu speichern und zu verarbeiten"³²³, ist die "Digitalisierung" um den Preis eines Weltverlustes erkaufte. Bereits die alphabetische Schrift war schon "digital" dahingehend, dass die buchstäbliche Notation und speziell die Abstraktion der konkret gesprochenen Vokale zu elementaren Buchstaben non-verbale Kommunikation durchfallen lässt, wie sie sich im Klangspektrum der tatsächlichen Aussprache als Mehrwert ausdrücken.

Eine erste "Digitalisierungskritik" ist von Seiten Platons überliefert, der in seinem Dialog *Phaidros* das seinerzeit neue Medium der diskret kodierte Stimmzeichnung, das Vokalalphabet, radikal hinterfragt. Doch diese kritische Hinterfragung ist keineswegs *avant la lettre*, sondern ihrerseits schriftlich überliefert.

Gegenüber der akustischen Lücke, die sich zwischen diskreten Buchstaben auftut, zeichnet erst der Phonograph (weitgehend) allumfassend die Stimmsignale auf. Aber durch Approximation gemäß des Abtast-Theorems nähert sich das Digitale dem Reichtum des Analogem im Digital Signal Processor (DSP) infinitesimal an - oder

321 Ein Begriff im Titel von Jon Inge Faldalens Dissertation 2021 an der Universität Oslo

322 Kapitel 5 "Begriffe von Digitalisierung und Industrie 4.0", 35-61, in: Mertens et al. 2017: Unterkapitel "5.1 Digitalisierung", 35

323 Kapitel 5 "Begriffe von Digitalisierung und Industrie 4.0", 35-61, in: Mertens et al. 2017: Unterkapitel "5.1 Digitalisierung", 35

tatsächlich signalgetreu? die Gretchenfrage. Dem mit jeder Digitalisierung einhergehenden Weltverlust durch Informationsgewinn als Abstraktionsleistung zugunsten diskreter Berechenbarkeit setzt deren technologische Intelligenz (der mathematisierte vormalige "Geist") ihrerseits das Sampling-Theorem von Nyquist / Shannon entgegen:

Im aktuellen Standard werden analoge, mithin also stetig fluktuierende Signale 48000 mal / Sek. diskret erfasst und die jeweilig momentane Amplitude in einer "Wort"tiefe von 32 Bit (zwischen-)gespeichert. An dieser Stelle ereignet sich eine Techno"logisierung" im buchstäblichen, mithin trivialen Sinn.

Diesseits der Sinne: digitale Signalverarbeitung und die Photographie

Universale technische Digitalisierung ist um den Preis einer radikalen Standardisierung dessen erkauft, was menschliche Wahrnehmung sinnesmodal bislang trennt. "In den Computern selbst [...] ist alles Zahl: bild-, ton-, und wortlose Quantität"³²⁴ - allerdings lediglich konzeptuell. Im tatsächlichen Computer gibt es die "Zahl" (*computus*) nicht, lediglich elektrische Spannungen als Form des Zählens (*computing*). "Und wenn die Verkabelung bislang getrennte Datenflüsse" - respektive Signalketten - "alle auf eine digital standardisierte Zahlenfolge bringt, kann jedes Medium in ein anderes übergehen" (Kittler ebd.). Dies gilt indes auch für die neuronale Signalverarbeitung im Menschen; die menschliche Wahrnehmung selbst anders zu deuten ist ein epistemischer Kollateraleffekt der "Digitalisierung".

In der "analogen" elektrischen Telekommunikation wird kontinuierlich Stromspannung an ein Kabel angelegt oder auch in Form elektromagnetischer Wellen kabellos übertragen, "was ein grundlegend anderer Prozess ist als die digitale Speicherung und Übertragung diskreter Signale"³²⁵, die zwar immer noch physikalische Signale sind, aber als numerische Daten kodiert, die vom Computer zwar noch analog (real) gewandelt, aber symbolisch prozessiert werden. Damit ist die Turingmaschine längst nicht mehr Teil der bisherigen "intersensorielle[n] Medien"³²⁶.

Das Schaufenster von FOTOIMPEX in der Alten Schönhauser Allee (Berlin) wirbt mit dem Slogan "In Film We Trust", und ein Neonzug verkündet: "All for analog", und im März 2010 verkündete eine Geschäftswerbung in

324 Friedrich Kittler, *Grammophon - Film - Typewriter*, Berlin (Brinkmann & Bose) 1986, 7 f.

325 Doron Galili, *Postmediales Wissen um 1900. Zur Medienarchäologie des Fernsehens*, in: *montage AV* vol. 25, no. 2 (2016), 181-200 (196)

326 Galili 2016: 198

Berlin-Schöneberg: "Echte Photos von Ihrer Digitalkamera". Will sagen: die Ausbelichtung geschieht auf analogem, klassisch photochemischem Entwicklungsweg. In der Tat bezieht sich "Digitalisierung" zunächst nur auf die Licht(signal)erfassung, also die Stufe hinter der Linse oder gar als vollständig virtuell gerechnetes Objektiv. Jede Ausgabe gesampelter Daten aber kann analog erfolgen – wie es im akustischen Bereich unabdingbar ist, nämlich als Lautsprecher-Output, damit die hochaufgelösten diskretisierten Datenpulse für menschliche Ohren wieder als akustische Töne verschmolzen zugänglich werden.

Physikalisch "analog" erzeugte Klänge (als *wave forms* aus Sinustönen, ob instrumental oder elektronisch) mögen von ihren digitalen Samples bei entsprechend hoher Quantisierungsrate (Nyquist-Shannon-Theorem) für menschliche Ohren ununterscheidbar sein, "doch bleibt eine unüberbrückbare Differenz zwischen dem analogen und digitalen Klang bestehen. Allerdings liegt diese Differenz nicht [...] in dem Klangphänomen als solchem begründet"³²⁷, sondern erschließt sich erst der technikimmanenten Medienepistemologie.

Das technische Bild als Funktion seiner Digitalisierung

Das digitale Sampling optischer Signale resultiert in der Erscheinung eines hochdefinierten Bildes auf der Basis hochverdichteter Pixel. Ist ein solchermaßen digitalisiertes Bild noch eine „Abbildung“, oder nur noch das Simulakrum seiner Vorlage? „Wer würde eine in tausend Teile zersplitterte und anschließend zusammengeklebte Ming-Vase kaufen?“³²⁸

Computerbasierte Bildwahrnehmung unterstellt – atomistisch im Sinn Epikurs – kleinste *picture elements* (Pixel). Diese Elementarisierung von stetigen Signalen zu rechenbaren "Daten" entsteht indes erst in der Diagrammatisierung des Bildes durch eine Matrix, mithin durch Diskretisierung des gegebenen Vorbilds in Bildzeilen und -spalten. „Ein digitalisiertes s/w-Bild wird mit einem aus Grauwertmenge, Bildmatrix, Ortskoordinaten des Bildpunktes in der Position und Grauwert des Bildpunktes in der Position zusammengesetzten mathematischen Modell beschrieben und läßt sich als Baumstruktur darstellen.“³²⁹ Damit erst ist eine Zählung (mithin „Digitalisierung“) möglich, für den archaischen Fall des Schwarzweiß-Bildes: „Die Zählung der Bildzeilen erfolgt von oben nach unten, beginnend mit Bildzeile 0, und die Zählung der Bildspalten erfolgt von links nach rechts, beginnend mit Bildspalte 0. Die einem

327 Norbert Schläbitz, *Der diskrete Charme der Neuen Medien. Digitale Musik im medientheoretischen Kontext und deren musikpädagogische Wertung*, Augsburg (Wißner) 1997, 134

328 J. Brüning, unter <http://www.funktstunde.com/de/zeitkultur/analog-digital>; Zugriff 5. März 2010

329 Haberäcker 1989: 10 f.

Bildpunkt zugeordnete Zahl ,0' oder ,1' ist der Grauwert des Bildpunktes. Da ein digitalisiertes Schwarz/Weiß-Bild nur durch die zwei Grauwerte ,0' und ,1' dargestellt wird, bezeichnet man es oft als Binärbild.“³³⁰

Digitalisierung und Datenkompression

Eine epistemische Konsequenz der Digitalisierung vorgegebener Bilder ist eine neue Form ihrer Bewertung, denn an die Stelle ikonologischer und kultureller Semantik tritt hierbei die Information als statistisches Maß. An die Stelle klassischer Bildästhetik rückt damit ein übertragungs- und speichertechnisch funktionaler Sinn: "Bei Fragestellungen, wie man die Datenmenge eines digitalisierten Bilds reduzieren kann, benötigt man ein Maß für den mittleren Informationsgehalt eines Bildes. Ein Maß dafür ist die Entropie. [...] Die Entropie kann [...] als ein Maß für die mittlere apriori-Unsicherheit pro Bildpunkt oder die gemittelte Anzahl der notwendigen Bit pro Bildpunkt interpretiert werden. Ein Bild mit der Entropie H , bei dem die Grauwerte der Bildpunkte gleichverteilt sind, kann ohne Informationsverlust nicht mit weniger als H Bit pro Bildpunkt kodiert werden.“³³¹

Algorithmisierte Datenkomprimierung ist mit der – hinsichtlich menschlicher Sinneswahrnehmung wirksamen – Irrelevanzreduktion als praktizierte Informationsästhetik vertraut. Sie kombiniert das Lempel-Ziv-Storer-Szymanski-Verfahren sowie die Huffman-Kodierung (wiederholungsbasierte und häufigkeitsbasierten Verfahren) zur Kompression ohne Datenverlust. Einmal digitalisiert, erlauben Delta-Filter in der Bildkompression, Farbwerte in benachbarten Bildpunkten zu dekorrelieren; nicht jeder Pixel, nur Änderungen werden in Bezug zu Nachbarn gespeichert (Differenzbeschreibung). Die Huffman-Kodierung komprimiert komplexe Symbolketten dadurch, daß sie in einem Wörterbuch abgelegt und durch den reinen Verweis (Codebaummodell) substituiert werden. Die Entropiekodierung wiederum ersetzt Zeichen durch kürzere, nach der Häufigkeit ihres Auftretens gewichtete Zeichen, denn der mittlere Informationsgehalt aller Zeichen (Entropie) sinkt, je unregelmäßiger die Häufigkeitsverteilung verläuft.

Chronológos der Digitalisierung:

EPOCHEN DER DIGITALISIERUNG. Eine ebenso zeit-kritische wie techniknahe Analyse ihrer sonischen Zeitweisen

330 Haberäcker 1989: 8 f.

331 Haberäcker 1989: 32 f.

Der klassische (also fortgültige) Timer-Mikrochip NE555 fungiert seit 1972 als Oszillator und Zeitgeber eines A/D-Wandlers.³³² Die Diskretisierung von Zeitsignalen ist eine Bedingung des Digitalcomputers: "Treat time as discreet" (Turing). Doch kein einzelnes Bauelement, sondern erst das Network Time Protocol (NTP) gewährt als Standard seit 1985 die Synchronisation von Endgeräten via Internet, wobei hochspezialisierte Algorithmen - gleich der Fehlerkorrektur physikalischer Schadstellen in Compact Discs - Latenzen in der Paketdaten-Übertragung wegrechnen. Im "Zeitstempel" werden die Epochen der Digitalisierung chronotechnologisch konkret, insofern das NTP mit "Ären" rechnet. "32 Bits kodieren die Sekunden seit dem Beginn einer Ära, wobei Ära 0 am 1. Januar 1900, 00:00:00 Uhr begann, weitere 32 Bits den Sekundenbruchteil."³³³

Die luftige Prozessphilosophie Alfred North Whiteheads verhilft zur besseren Einsicht von "Temporalität unter der Bedingung digitaler Vernetzung"³³⁴ erst im strikten technologischen Fokus auf die TempoRealitäten ihrer Hard- und Software, an die sie tatsächlich fest gekoppelt ist.

Die "Epoche der Digitalisierung" stellt nicht schlicht einen Abschnitt innerhalb der Technik- und Kulturgeschichte dar, sondern eine "Aufhebung" (*epoché*) der historischen Zeit selbst, zugunsten des rechnenden Raums. Eine Epoche steht "altgriechisch für 'Haltepunkt, [Zeit-]Abschnitt'"³³⁵, oder medientechnischer formuliert: für eine Signallaufzeit, ein Δt , ein Intervall zwischen Einschnitten. Andere Übersetzungen sind medienarchäologisch attraktiver möglich: "Das Wort Epoche stammt vom griechischen *epoché*, das 'Einschnitt, Hemmung' heißt. Ein bestimmtes Ereignis wurde als 'Epoche' bezeichnet, als Abschluss eines Zeitraums bzw. als Beginn eines neuen."³³⁶ Medienarchäologie - im Unterschied zu einer allgemeinen Kultur- oder gar Ideengeschichte - interessiert sich dafür, wie ein solche Begriff technologisch konkret wird. Der "Haltepunkt" ist in der "Hemmung" am

332 Dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/NE555>, Abschnitt "Monostabile Kippstufe", Abruf 24. Dezember 2022

333 https://de.wikipedia.org/wiki/Network_Time_Protocol, Zugriff 24. Dezember 2022

334 In diesem Sinne Isabell Otto, Prozess und Zeitordnung. Temporalität und Bedingung digitaler Vernetzung, Konstanz (Konstanz University Press) 2020

335 Wikipedia, Eintrag "Epoche", <https://de.wikipedia.org/wiki/Epoche> (Abruf 18. Februar 2023)

336 Anonym, Über die Problematik des Epochenbegriffs, eBook München (GRIN) 2011; Leseprobe abrufbar unter: <https://www.grin.com/document/286266> (Zugriff 18. Februar 2023), hier unter Verweis auf: Benedikt Jeßing / Ralph Köhnen, Einführung in die Neuere deutsche Literaturwissenschaft, Stuttgart 2003. 11 ff.

Werk der Zeitgebung, die als das taktgebende technische Element in der Räderuhr seit dem Spätmittelalter vertraut ist und damit überhaupt erst eine Bewegung in zeitdiskrete "digitale" abzählbare Abschnitte unterteilt. In Claude Shannons Masterarbeit von 1937 gipfelt der Begriff des "Haltepunktes" in der *hindrance* für die binäre An- Ausschaltung von elektromagnetischen Relais als logische Gatter.

Seit dem Historismus im 19. Jahrhunderts aber wird unter einer Epoche nicht mehr schlicht der Einschnitt verstanden; vielmehr wandelte sich die altgriechische Bedeutung des Begriffs angesichts einer beschleunigten postrevolutionären Zeiterfahrung: "Seitdem bezeichnet eine Epoche den abgrenzbaren Raum zwischen zwei Einschnitten oder Daten. Aus diesem Grund können Epochenbezeichnungen nur im Rückblick als Konstrukt vergeben werden. Die eigene Gegenwart kann nicht als Epoche tituiert werden, da nicht absehbar ist, welche Ereignisse noch folgen werden" (Anonym 2011). Auch die "Epoche der Digitalisierung" steht damit unter einem temporallogischen Vorbehalt.

Time-Stretching als Zeitweise des Digitalen

Dem kurzen Zeitmoment (nahezu) unverzüglicher Signalübertragung in der Telekommunikation zwischen *live* und Echtzeit steht sein anderes Extrem, nämlich die ultraphänomenale Zeit gegenüber. Gewisse langzeitliche Hyperprozesse (formuliert hier in Anlehnung an den Begriff des "hyperobject"³³⁷) werden durch zeitstauchende Sonifikation (*time stretching*) menschenseitig überhaupt erst sinnlich wahrnehm- und begreifbar.³³⁸ Umgekehrt verliert ein wohlvertrautes Zeitobjekt wie Beethovens 9. Symphonie (abseits der musikhistorischen Debatten um das rechte Zeitmaß in der historischen Aufführungspraxis, medienarchäologisch verdichtet in der Frage nach dem metronomischen Takt und dem Pendel als zeitgebendem Medium) seine Wahrnehmbarkeit als Gestalt, wenn es zu einer Epoche jenseits des kognitiven Gegenwartsfensters gedehnt wird. Dieser Moment verlangt nach einem audio-meditativen Einspiel, ohne die visuelle Ablenkung einer YouTube-Präsentation, vielmehr als "acoustic space" (McLuhan) *im* und *als* Medientheater (denn dieses ist nicht nur einen akademischer Ort, sondern meint auch eine experimentelle Form des Im-Medium-Seins), einen buchstäblichen "Aufklang": Leif Inges *9 Beet Stretch*.³³⁹

337 Timothy Morton, *Hyperobjects. Philosophy and Ecology after the End of the World*, Minneapolis (University of Minnesota Press) 2013

338 Ein Argument in der Anna-Maria Kellen Lecture von Alexander Rehding, *Musik and the Anthropocene*, The American Academy in Berlin, 19. Oktober 2022

339 <http://www.9beetstretch.com>

Komputative Zeitdehnung aber kann *per definitionem* unendlich nur mit einem endlosen Band der Turingmaschine sein. Setzt die Sonifikation von Datenereignissen immer schon einen abgeschlossenen Prozess voraus? Echtzeit-Sampling setzt künstlich Intervalle im (prinzipiell endlosen) Datenstrom.

Leif Inges Medienkunstwerk von 2002 existiert in seiner technologischen Wahrhaftigkeit allein *online*, mithin im rechnenden Raum, der die dafür notwendige Echtzeit-Operationsfähigkeit erfüllt. Das Stück bewahrt die Tonhöhen von Beethovens Symphonie Nr. 9, jedoch ausgedehnt auf 24 Stunden.³⁴⁰ Die technologische Voraussetzung für solches "time stretching" ist ein Kernprozess der musikalischen Digitalisierung, nämlich das digitale Sampling respektive die granulare Klangsynthese, welche diskretisierte und damit *computable* Samples der Klangsignale in Echtzeit derart umrechnet, dass trotz extrem verlangsamter Aufführungsdauer der Beethovenschen Partitur die vertraute Tonhöhe nicht verlorengeht.

Die "Echtzeit" würde Menschenohren nur dann als Gegenwartsbetrug offenbar, wenn die Rechenprozesse selbst extrem verlangsamt würden.

Dessen Möglichkeitsbedingung - mithin das Apriori (frei nach Kant und Kittler) - ist zuvorderst die "große Transkription", sprich: die Digitalisierung der über diverse Archive verstreuten Partitur von Beethovens "Neunter". Zu dieser primären Digitalisierung tritt auf einer höheren syntaktischen Ebene nun der digitale Sampler. Um den Effekt einer *pitch*-neutralen Wandlung von Männer- und Frauenstimmen zu erzielen, erwarb der elektrotechnisch versierte Friedrich Kittler beim Bau eines seiner Synthesizer-Module, des Harmonizers, erstmals die notwendigen Assembler-Kenntnisse, um den entsprechenden Mikrochip zeitkritisch zu programmieren. "Seitdem ist es selbst in Echtzeit kein Problem mehr, Männerstimmen in Frauenstimmen [...] zu verwandeln."³⁴¹

Auch für Pauline Oliveros' Kopplungen von Mensch und Maschine zum musikalisch-klanglichen System gilt: "The key operator [...] is time delay."³⁴² Das EIS erstreckte sich bis zu "digital-analog hybrids and full digital programs at the cusp of artificial intelligence" (ebd.). Tatsächlich eskaliert auch Leif Inges Echtzeit-Komposition *9BeetStrech* als Einlassung auf algorithmische, (computer-) "generative Ästhetik" (Max Bense) nicht

340 Dazu Alexander Rehding, *Beethoven's Symphony No. 9*, New York (Oxford UP) 2018, 74; dem Sampler widmet sich auch ein kommendes Buchprojekt Andrew Lisons

341 Kittler 1989: 76

342 Aus dem *abstract* zu Michael Centurys Vortrag "Timescape Studies: Toward an Operative Media Archeology of Pauline Oliveros' Expanded Instrument System", 23. November 2022 im Medientheater der Humboldt-Universität zu Berlin, Fachgebiet Medienwissenschaft

mehr nur denk-, sondern auch maschinennotwendig in Deep Machine Learning.

"Digitalisierung" umfasst in diesem Sinne drei Stufen der Eskalation, nämlich in erster Ordnung die technomathematische Quantifizierung stetiger Eingangssignale (A/D-Wandlung), in zweiter Ordnung die Algorithmisierung binärer Daten, und in dritter Stufe deren Einsatz im Namen Künstlicher Intelligenz und im Verbund mit *big data* als "Deep" Machine Learning.

Die technologische Möglichkeitsbedingung der digitalen Zeitdehnung: der Sampler

Die Ableitung von *time stretching* aus dem Wesen des digitalen Samplers ist - gemäß der medienarchäologischen Absicht - eine "Erdung" der buchstäbliche Epochalisierung (Intervall) in Praktiken des digitalen Medientechnológos.

Gegenüber der linearen zeitkontinuierlichen Signalaufzeichnung auf Magnetband dient digitales *sampling* auf seiner elementarsten Ebene (medienarchäologisch formuliert) der Übersetzung (mit Kurenniemi: "great transcription") des analogen Audio-Inputs in den rechnenden Raum. An die Stelle der transitiven analogen Signalwandlung tritt ein zeitkritischer Messakt in der Tradition der getakteten Uhr als Quantifizierung (und damit auch Arithmetisierung) von Zeitlichkeit. Das Surrogat für den fehlenden Zeitsinn im menschlichen Wahrnehmungsapparat, das Ohr, vermag angesichts einer Signalabtastung im Kiloherzbereich das analoge Tonsignal nicht mehr von seiner gesampelten Filterung zu unterscheiden. Auditiv ebenso wie medienepistemisch "unerhört" ist die Frequenzrate der Compact Disc im Unterschied zum originären Klang. Im technilogischen Umkehrschluss erlaubt dieses Verfahren die Echtzeit-Kalkulation der Zeitdehnung ohne Tonhöhenverzerrung - eine Option, wie sie mit dem digitalen Audio-Sampler S1000 der AKAI Electric Company 1989 eingeführt wurde.³⁴³

In der A/D-Wandlung verschränken sich zwei Existenzweisen des Signals, das diachronische sowie das synchrone *sampling*: Während die Abtastrate die Anzahl der diskreten Abtastungen pro Sekunde angibt (in Hz), bezeichnet die Auflösung in der Maßeinheit *binary digits* (Bits) das Informationsmaß jedes einzelnen Samples.

343 Dazu das Buchproject von Andrew Lison, *New Media and the End of History*, Kapitel 2 "Making Lines, Breaking Time: Sound enters the Multimedia Age" (demnächst). Siehe auch ders., *New Media*, 1989: *Cubase and the New Temporal Order*, in: *Computational Culture*, vol. 8 (July 2021), <http://computationalculture.net/new-media-1989-cubase-and-the-new-temporal-order>

Die gesampelten Klangdaten werden beim Wiederabspiel durch den Digital-Analog-Wandler "wieder" in eine stetige Wellenform zurückgewandelt, indem zwei durch die techno-affektive "time of non-reality" (die Zeit der reellen Zahlen im Unterschied zu binären Ganzzahlen) getrennte Datenpunkte approximativ wieder verbunden werden. Was in der Medientheorie des subliminalen Affekts eine intuitive Beschreibung bleibt, wird hier technisch konkret.³⁴⁴ keine "fehlende Halbsekunde" oder eine Zehntelsekunde menschenseitig³⁴⁵, 1/44,100tel Sekunde im Fall der CD. Das Kapitel "What is Sampling?" im Handbuch des AKAI S950 beschreibt es unverblümt: Komputatives *time-stretching* erlaubt die Interpolation oder Eliminierung einzelner Samples, also Daten"manipulation" bis hinunter zum Bit. Technische *manuals* geraten zu einer ultimativen medienarchäologischen Quellengattung.

Sonische Gewalt: "Troubled Air"

Es ist ein wahrhaftiges Klangfeuerwerk, mit dem das Gesumme, respektive die sonische "Dröhnung" (englisch *drones* von Sunn O))) einen Konzertraum zu füllen vermag. Mit seiner monotonen sonischen Zeitform³⁴⁶ transformiert der Raum hier zum veritablen Medientheater, bespielt von extrem übersteuerten elektrischen Gitarren und synthetisch generierten elektroakustischen Klängen (darunter der Minimoog Model D Synthesizer). Wer einem Konzert dieser Drone Doom-Band beiwohnt, macht diese Erfahrung einerseits unwillkürlich im so genannten Echo-Gedächtnis als neuronalem Kurzzeitspeicher, behält sie aber ebenso in der bewußten resonanten Erinnerung. Somit wird - in den Begriffen der Neurobiologie formuliert - aus dem Hall als akustisch erweiterter Gegenwart ("thick presence", mit Hans Ulrich Gumbrecht) ein buchstäbliches *Signal aus der Vergangenheit*: ein Gedächtnis *an* und *als* Echo (im doppelten Sinne des *genitivus subiectivus*³⁴⁷ und *genitivus*

344 Marie-Luise Angerer, *Nichtbewusst. Affektive Kurzschlüsse zwischen Psyche und Maschine*, hg. von Thomas Macho, Wien (Turia + Kant) 2022, 30-39

345 Siehe Hertha Sturm, *Wahrnehmung und Fernsehen: Die fehlende Halbsekunde. Plädoyer für eine zuschauerfreundliche Mediendramaturgie*, in: *Media Perspektiven* Heft 1 (1984), 58-65, sowie Jimena Canales, *A Tenth of a Second. A History*, Chicago / London (Univ. of Chicago Pr.) 2009

346 Siehe W. E., *Im Medium erklingt die Zeit. Technologische Tempor(e)alitäten und das Sonische als ihre privilegierte Erkenntnisform*, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2015

347 "[...] eine Funktion des Genitivs, in der das im Genitiv stehende Wort das Subjekt der durch sein regierendes Substantiv ausgedrückten Handlung ausdrückt" Wikipedia, Eintrag "Genitivus subiectivus", https://de.wikipedia.org/wiki/Genetivus_subiectivus, Abruf 14. Dezember

obiectivus (mit dem entsprechend unter anderen Vorzeichen stehenden Aus dem Zusammenspiel von menschlichen oder nicht-menschlichen "Akteuren" (Latour / ANT) wird hier eine akustische Gemeinschaft.

[Der Text des Stück *Kashmir* der Rockgruppe Led Zeppelin setzt an mit "Oh, let the sun beat down upon my face / And stars fill my dream / I'm a traveler of both time and space [...]"; in der ihrerseits *time-stretched* "Live at Budokan"-Version wird der Ausdruck "time and space" durch ein mikrophonisches *reverb* sonisch bewußt gedehnt.]

Dazu passend schreibt sich der Klang bereits in der Typographie des Namens dieser Metal-Band, welche die akustische Gewalt der Schallwellen symbolisch aritkuliert: Sunn O))).

Einer der von Sunn O))) erzeugten Klangteppiche ist "Troubled Air" betitelt.³⁴⁸ Das Sonische füllt hier den Raum.

Bereits der Name der australischen Hard-Rock-Band "AC/DC leitete sich aus der Elektrizität an sich ab, nämlich der englischen Abkürzung für Wechsel- und Gleichstrom. Auch die Möglichkeitsbedingung elektroakustischer Drones als das, was die Luft in Erschütterung bringt ("troubled air") und was der Klangtheoretiker und Dj Steve Goodman in seinem Buch *Sonic Warfare* als "vibrational force" bezeichnet³⁴⁹, ist nicht der schlichte Gleich-, sondern der Wechselstrom, der entsprechende Sinusschwingungen erzeugt, in äquidistanten Perioden.

Konkreter Schauplatz dieser sonischen Emergenz ist im Falle von Drone Music - parallel zu den Tieffrequenzen eines analogen Synthesizers - die E-Gitarre. Die *durch und durch* "analoge" Drone Music, die schon in der Typographie von Sunn O))) zum Ausdruck kommt, wurde bereits in der DDA-CD-Edition (sunn 400, 2021) "mastered on a hybrid digital analogue path". In der "Epoche der Digitalisierung" erklingt das Argument der Drone Music in diesem Zusammenhang zunächst als Kontrast, im Sinne der methodischen Einklammerung (*epoché*) als die Alternative zur Digitalisierung, deren Ästhetik eher Techno denn Melodie, also eher (Algo-)Rhythmus denn Klang heißt.

Zunächst stehen die Klangteppiche der Drone Music als reine Schwingungen (die Wellenform der Sinuskurve) dem binären Rechtecksignal gegenüber; von daher auch die Typo-Graphie von Sunn O))). Die Komposition 9 Beet Stretch von Leif Inge verschränkt beide Parameter: die Epochalisierung des Klangs als *time stretching* unter der

2022)

³⁴⁸ Track 3 auf der CD *Metta, Benevolence*, Southern Lord Recordings, copyright BBC 2019, veröffentlicht von Ideologic Organ / Sabbath Rahash
³⁴⁹ Steve Goodman, *Sonic Warfare. Sound, Affect, and the Ecology of Fear*, MIT Press 2009

Bedingung des digitalen Echtzeit-Samplers.

Die aktuelle Einspielung von Sunn O))) steht nicht schlicht für trotzig Insistenz eines Analogliebhabers gegenüber der ubiquitären Digitalisierung, sondern ist als Aufruf zur radikal medienarchäologischen Erdung der Drone Music im Röhrenverstärker gemeint. Am Ende erscheint dann mit der digitalen Simulation die Macht der algorithmischen Modellierung als Einholung des analogen Signals (DSP) umso mächtiger - oder perfider. *Computing the physical* ist damit pure techno-logische Dialektik im Verhältnis von "analog" und "digital". Eine hegelianische Technodialektik setzt der These des analogen Signals zunächst das Rechtecksignal gegenüber, und sieht deren "Aufhebung" im Digital Signal Processing.

Und so ist der methodische Umweg über Sunn O))) als eine Lenkung der medienanalytischen Aufmerksamkeit von der ästhetischen Wahrnehmung hin zu ihrer Möglichkeitsbedingung in der Elektronenröhre gedacht. Deren technische Kenntnis von Seiten des Medienarchäologen (oder auch Gilbert Simondon) ist nur dilettantisch und keineswegs eine elektrotechnisch wissenschaftliche Argumentation, verfügt aber über die Gabe, aus diesen Wissensmomenten Erkenntnisfunken zu schlagen: eine "passive" Medienkompetenz im starken Sinne.

Und damit, im Sinne der nonlinearen, bifurkalen "Y"-Verzweigungen der vorliegenden Argumentation, noch einmal zurück zum digitalen *time-stretching* und dessen "analoger" Alternative:

"Analog" dagegen mit Cage: "As slow as possible"?

Und damit, im Sinne der nonlinearen, bifurkalen "Y"-Verzweigungen der vorliegenden Argumentation, noch einmal zurück zum digitalen *time-stretching* und dessen "analoger" Alternative:

Das "analoge" Gegenstück zu Leif Inges *9 Beet Stretch* ist John Cages Komposition für Orgel *ASLSP / ORGAN*² (komponiert 1987), realisiert in der ehemaligen Buchardi-Kirche in Halberstadt, und als Aufführung dort auf 639 Jahre angelegt, seit 2001.³⁵⁰

350 Siehe W. E., *As Slow As Possible? On the Machinic (Non-)Sense of the Sonic Present and Digital Indifference toward Time*, in: *ASAP/Journal* (Association for the Study of the Arts of the Present), Bd. 4, Heft 3 (October 2019), Themenheft "Slowness", hg. v. Katja Kwastek / Erin la Cour, 671-688. In Ermangelung eines Livestream zeitlich unmittelbar aus der Buchardi-Kirche steht ein "Video mit Klangsequenz" zur Online-Verfügung, <https://universes.art/de/specials/john-cage-organ-project-halberstadt/video>

Möglich ist eine solche Dauer allein aufgrund der klassischen Königin der Instrumente, der Orgel in signalbezogener Analogie zum elektronischen Synthesizer, welche beide (unter verschiedenen Bedingungen der Energiezufuhr) den *andauernden* Ton erlauben, dessen Dasein nicht mehr schon im Erklängen sogleich wieder erlischt (ein Argument in Hegels *Ästhetik*³⁵¹), sondern als periodisch wiederkehrendes Signal (idealerweise der Sinuston) vielmehr für jene Existenzweise steht, welche Henri Bergson zufolge das wahre Wesen der Zeit selbst ausmacht: *la durée* (im Unterschied zur "mathematisierten", sprich: chronophotographischen, getakteten Uhr- oder gar digitalen Zeit). Dieses Andauern aber ist durch ein höchst konkretes technisches Gefüge erkauft - sei es mechanisch, oder elektronisch.

Um sich nicht metaphysisch in der Jahrtausende alten und diverse Kulturen übergreifenden Diskussion über das "Wesen der Zeit" zu verlieren, erfordert das Thema im medienarchäologischen Kontext eine ebenso zeit-kritische wie techniknahe Analyse. Einen solchen technophilosophischen Befund hat Maurizio Lazzarato - im ausdrücklichen Anschluß an Bergson und Deleuze - am Beispiel des "analogen" Videobilds vollzogen, welches in seiner Signalform tatsächlich den (mit Husserl: zeitphänomenologischen) Eindruck von *Dauer* aus periodischem Zeilenaufbau generiert.³⁵² Einmal mehr erweist sich das erkenntnistheoretische Potential einer entsprechend techniknahen Medienwissenschaft.

Medienepistemologisch ausgedrückt, bildet den gemeinsamen Nenner von Musik und Medientechnik die Begründung ihrer Gegenstände in Zeitsignalen. Das Stichwort, welches die Analyse von Leif Inges *9 Beet Stretch*, John Cages Komposition für Orgel *ASLSP / ORGAN*² sowie die Drone-Musik von Sunn O))) in diesem Sinne verbindet, lautet Zeitachsenmanipulation - ein medienwissenschaftliches Kernthema, welchem Friedrich Kittlers Sammlung "technischer Schriften", *Draculas Vermächtnis* (1993), folgerichtig einen eigenen Aufsatz widmet.

Sonik elektronisch konkret

Und damit zur medienontologischen Gretchenfrage: Hängt nicht die Zeiterfahrung vielmehr am tatsächlichen Klang respektive der konkreten Signalprozessierung, statt an der atemporalen, zeitinvarianten "musikalischen" (Noten-)Ordnung respektive ihrer digitalen Transkription?

351 Georg Wilhelm Friedrich Hegel, *Ästhetik*, Bd. 2, Berlin / Weimar 1976, 261 und *passim*

352 Maurizio Lazzarato, *Videophilosophie. Zeitwahrnehmung im Postfordismus*, Berlin (b-books) 2002

Noch einmal: Als wegweisend für Doom Metal "gilt die Reduzierung des Tempos und das stark verzerrte, tief gestimmte Gitarrenspiel"³⁵³, genauer: die E-Gitarre ohne akustischen "Klangkörper", die erst im Verbund mit dem elektronischen Verstärker (und dem induktiven Pick-Up) genuine Sonik generiert. Ein Grund für das Scheitern im Erzeugen solcher *drones* mag ein falsch gestecktes Verbindungskabel zwischen Klangerzeuger und Verstärker sein; seine medienepistemische Vertiefung erfährt ein solches Mißgeschick als systematische Unterscheidung zwischen Hardware- und Logikfehlern. Damit stellt sich - erneut - die Frage nach dem Verhältnis von Logos und Technik. Die entsprechende medienarchäologische Aufmerksamkeit richtet sich darauf, dass es bei der tatsächlichen Implementierung (respektive Verkörperung) von Logik in Materie unabwendbar zu Friktionen kommt.

Ferner widerfährt Tonträgern als Speichermedien eine unabwendbare materiale Entropie. Sollen etwa die Kratzer und Fehlstellen historischer Edison-Walzen aus dem Berliner Lautarchiv mittels Oversampling als Standard der Klangarchivierung mitarchiviert werden, wenn sie zum Zweck der Langzeitüberlieferung digitalisiert werden, um auf diese Weise den singulären Urkundencharakter und "historischen Index" (Benjamin) des konkreten Speichermediums wie seiner Aufzeichnungsmaschine mitzuüberliefern - im Unterschied zum kommerziellen *remastering*? Und doch kommt es in jedem Fakt der Analog-Digital-Wandlung zu unabdingbarem Quantisierungsruschen (auch wenn dieses Rauschen Menschenohren nicht mehr erschließbar ist).

Der Erfolg der Compact Disc gegenüber den vertrauten Schallplatten lag dereinst nicht nur in der "störungsfreien" Klangwiedergabe aufgrund des Nyquist-Shannon-Samplingtheorems, sondern auch in der mathematischen Intelligenz, mit der materielle Fehlstellen durch Korrekturalgorithmen der Signalinterpolation weitgehend wettgemacht wurden. Physikalische Bruchstellen werden hier logisch buchstäblich mit *einkalkuliert*.

[Konsequent gilt es dabei allerdings neben der CD Samplingrate auch den Player auf Seiten der zeiträumlichen Klangwiedergabe mit einzubeziehen.]

Zu Friktionen kommt es indessen im technomathematischen Raum selbst - einmal logisch (die Unvollständigkeit in der metamathematischen Theorie der Berechenbarkeit als *computation*), und einmal physikalisch im aktuellen *computing*, wenn etwa Halbaddierer, in denen die klassische Addition aus logischen Gattern abgeleitet wird, an der Zeitgrenze scheitern: "Mit diskreten Logikbauelementen wird diese Schaltungsfunktion heute kaum mehr realisiert, da mit diesen Bauelementen die erforderlichen meist hohen Taktfrequenzen nicht

353 https://de.wikipedia.org/wiki/Doom_Metal, Abruf 6. Dezember 2022

erreicht werden können und der Schaltungsaufwand für den Aufbau und die Verdrahtung viel zu groß ist."³⁵⁴ Auf den ersten Blick erscheinen die vier Grundrechenarten als reinste Form der mathematischen Tätigkeit des Geistes. Doch scheiterte die Rechenmaschine (nicht verwechseln mit dem *programmierbaren* "Rechner" *alias* Computer) von Blaise Pascal im 17. Jahrhundert (1672) am mechanischen Problem des Übertrags n -ter Ordnung. Ebenso kam auch Gottfried Wilhelm Leibniz' Rechenmaschine, "die über die Staffelwalze durch schnelles Addieren multipliziert", "nie zur Betriebsreife. Das war wahrscheinlich auch ein Grund, weshalb Leibniz schon 1679 auf die Eignung des Binärsystems für das maschinelle Rechnen hinwies."³⁵⁵ Ist damit das binäre *computing* nicht schlicht die materielle Umsetzung eines nachrichtentechnischen Intellekts, sondern mithin umgekehrt aus der techno-logischen Affordanz der Hardware abzuleiten? Auch für Charles Babbages Difference Engine, welche Logarithmen errechnen sollte, "war es damals einfach noch nicht möglich, ein mechanisches Getriebe zu bauen, bei dem 25 Zahnräder ineinandergriffen, ohne sich zu verklemmen" (Neufert ebd.). Gegenüber Babbages 1833er Entwurf eines Universalrechners als programmgesteuerte Analytical Engine auf mechanischer Basis dekadischer Zählräder setzt Konrad Zuses 1934er Z1 "Daten und Befehle in das von [...] Leibniz untersuchte Binär- oder Dualsystem um" (Neufert ebd.). Doch erneut zeitigt auch die binäre Mechanik der ineinander logisch verschiebbaren Blechplättchen Friktionen durch (entropische) Abnutzung; es folgt der relaisgesteuerte Rechner Z3 von 1941. Wie Claude Shannon in seiner Masterarbeit theoretisch nachwies (1937), läßt sich das Öffnen respektive Schließen einer Leitung, wenn an die Magnetspule des elektromagnetischer Schalters als Relais eine elektrische Spannung angelegt respektive abgeschaltet wird, als Äquivalent für die symbolischen Zustände Null und Eins (an / aus) logozentrisch deuten und algebraisch formulieren (diagrammatische Ikonizität, mit Charles S. Peirce).

[Damit ließen sich auch - diesseits des Sampling-Theorems - die monotonen Sinusschwingungen der Drone-E-Gitarrenmusik "digital" abtasten, indem elektromagnetische Relais von deren Spannungsmaxima respektive -minima "getriggert", also als Schaltvorgang ausgelöst werden.]

Es ist die elektromagnetische Induktion in ihrer Pulshaftigkeit, welche die "binäre" Denkweise nahelegt; das Relais aber stellt noch ein Hybrid aus Elektrik und Mechanik dar, mitsamt ihres Risikos von Friktionen. Howard Aiken entwickelt in den USA parallel zu Zuse den Harvard MARK 1 - verwendet aber noch elektrisch angetriebene Zahnräder. Dem gegenüber steht - aus technologisch *aktiver* Perspektive formuliert - die

354 <https://de.wikipedia.org/wiki/Halbaddierer>, Abruf 16. Januar 2023

355 Nikolai Neufert, PC-Einsteigerkurs im Rahmen von: AWO - digital. Die Computerschule, Folien zu Historischen Rechenmaschinen, o. J. (2022)

Verlockung der vollkommen unmechanischen Elektronenröhre: Zum "Durchbruch in der Entwicklung leistungsfähiger Rechenautomaten" (Neufert) kommt es mit dem Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC), als Unternehmen konzipiert von John Mauchly und John Presper Eckert. Auf der logischen Ebene ist dieser Computer noch aufgebaut (also medienarchäologisch in seiner Architektur fortdauernd) wie Charles Babbages Analytical Engine aus logischem Leitwerk, numerischem Rechenwerk und Speicherwerk. Was hier "beibehalten" wird (Neufert) ist die prinzipiell (*en arché*) zeitlose Idee eines solchen Mechanismus für algorithmische Prozesse (Turing 1937); die "historische" Differenz macht dann die konkrete Implementierung als materieller wie energetischer Maschine. Erst mit dieser "Erdung" der Logik kommt die Welt (und damit auch die Zeit als entropisches "Sein-zum-Tode", mit Heidegger) ins Spiel der technischen Medien. Der ganze Unterschied liegt hier zwischen schlicht "elektrisch" und "elektronisch".

Nach der sonischen Zeitdehnung: Sunn O)))

Extremer als Leif Inge und John Cage dehnt die Drone-Musik das Gesumme des in der schwingenden E-Gitarrensaite induzierten Wechselstroms zur explizit akustischen Artikulation einer implizit sonischen Zeitform. Das medienwissenschaftliche Gehör vernimmt diesen Klang dabei nicht primär als musikalische Ästhetik, sondern als epistemisches Indiz

Speziell das Genre des Drone Doom ist seit dem von Francis Fukuyama verkündeten "Ende der Geschichte" zu Beginn der 1990er Jahre³⁵⁶ "durch besonders langsame Rhythmen und Akkordfolgen sowie stark verzerrte E-Gitarren gekennzeichnet"³⁵⁷, insofern es sich hier um eine drastische Entschleunigung der (von Paul Virilio so gedeuteten) Geschwindigkeit von Geschichtsereignissen handelt.

Es handelt sich bei diesen Klangfolgen mithin um die temporalisierte, zeitlich aufgebrochene Form des Akkords, als sonische Form der (Fourier-)Analyse, welche den Gleichklang in seine Einzelkomponenten auflöst. Die Musikwissenschaft nennt einen Akkord, "bei dem die einzelnen Töne nicht gleichzeitig einsetzen, sondern in kurzen Abständen nacheinander", Arpeggio."³⁵⁸ Der Begriff *Akkord* leitet sich seinerseits vom medienaktiv Sonischen ab, denn er lässt sich je nach Lesart eher im Sinne musikalischer Ästhetik, oder auch höchst technisch deuten: "[...] vom französischen *accord* (beide erst 'Übereinkunft, Übereinstimmung der Gefühle', dann auch '[musikalischer] Zusammenklang') [...], das seinerseits auf das vulgärlateinische *accordare* 'in Übereinstimmung

356 Dazu Andrew Lison, xxx

357 https://de.wikipedia.org/wiki/Drone_Doom, Abruf 5. Dezember 2022

358 <https://de.wikipedia.org/wiki/Arpeggio>, Zugriff 6. Dezember 2022

bringen', 'anpassen, harmonisieren' (von lateinisch *cor* ‚Herz‘) zurückgeht.³⁵⁹ Elektroakustik (und medienwissenschaftliche Schwingungsanalyse allgemein) spricht hier nicht metaphysisch, sondern kommunikations-, also signaltechnisch von *Resonanz*, denn "daneben" -

also quer zur vertrauten historiographischen Überlieferung musikalischer Harmonik - wirkte, wohl schon seit dem Spätlateinischen, das griechische χορδή *chordé*, deutsch ‚Saite‘ auf das Wort ein [...]. Ursprünglich" - und damit buchstäblich medienarchäologisch mitschwingend - "stand der Begriff für den 'Gleichklang', also für die Erzeugung desselben Tones auf verschiedenen Saiten", so etwa 1619 bei Michael Praetorius. Aus *heart*- wird damit *hardware*. 1732 taucht der Begriff des Akkords dann im letztgültigen Sinne von Zusammenklang *verschiedener* Töne auf wird fortan "auf das Erklingen der Obertonreihe eines einzelnen Tones" bezogen³⁶⁰ - wobei diese wiederum eine logozentrische Beschränkung der Obertöne auf die Harmonischen darstellt. Dem widerspricht der *Technoalógos* an sich: "Abweichungen von den harmonischen Verhältnissen der Teiltöne treten bei vielen Instrumenten auf"; hier interveniert der *Technológos* und verlangt nach Mitsprache. Solche unter dem Begriff Inharmonizität benannten Abweichungen werden beispielsweise im Klavier nicht etwa durch musiktheoretische Axiome, sondern "im Wesentlichen durch das Biegemoment der Saite hervorgerufen"³⁶¹, also von Seiten des mechanischen Instruments (Klaviersaiten), oder durch Oszillatoren (Synthesizer) von Seiten eines hochtechnischen Mediums (im Unterschied zum lediglich kulturtechnischen Instrument).

[Die "offene" Stimmung DADGAD wurde für die akustische Gitarre in den 1960er Jahren durch den Folk-Gitarristen Davey Graham entwickelt. "Dabei werden die hohe und die tiefe E-Saite sowie die H-Saite jeweils um einen Ganzton tiefer gestimmt als in der Standardstimmung. Dadurch ergibt sich die Tonfolge D-A-d-g-a-d1, die der Stimmung den Namen gegeben hat und etwa als Dsus4 oder Gsus2 Akkord interpretiert werden kann. [...] Charakteristisch ist der 'offene' und voluminöse Klang, der dadurch entsteht, dass auch Saiten, die nicht gegriffen werden, oftmals als Bordun mitschwingen" - zu hören unter anderem in *Kashmir* von Led Zeppelin.³⁶²]

Im Fall der Drone Music werden die Gitarren bewusst "tiefer gestimmt und mit Hall- und Echo-Effekten erweitert. Der Großteil des erzeugten Klangs bewegt sich im unteren Frequenzbereich. [...] Dem Gesamtklang

359 <https://de.wikipedia.org/wiki/Akkord>, Abruf 6. Dezember 2022

360 <https://de.wikipedia.org/wiki/Akkord>, Abruf 6. Dezember 2022

361 <https://de.wikipedia.org/wiki/Oberton>, Abruf 6. Dezember 2022

362 <https://de.wikipedia.org/wiki/DADGAD>, Abruf 22. Januar 2023. Dazu ferner das YouTube-Video in der Serie Greatest Riffs: "Kashmir" von Led Zeppelin

wird aufgrund der Länge der Stücke" - mithin analog zur *slow motion* bei Bewegtbildern - sowie aufgrund der bewußten "Vermengung mit Noise-Elementen [...] eine Auflösung" - mithin Dekonstruktion - "'landläufige[r] Song-Strukturen' unterstellt"³⁶³.

Erst damit kommt die Medienästhetik elektroakustischer Musik zu sich respektive zur techno-logischen Aussage ihrer eigentlichen medien-spezifischen Botschaft - ein Theorem, das Lessing 1766 in einem Traktat über die Differenz des *Laokoon*-Motivs in Form von Malerei (respektive Bildhauerei) und Poesie formuliert hat, bevor es McLuhan medientechnisch wiederformulierte.³⁶⁴

Es handelt sich im Genre der Industrial- respektive Noise-Musik (für welche in Berlin die Band Einstürzende Neubauten stand) nicht schlicht um eine gewollte oder lästige Koartikulation des technischen Kanals gegenüber dem Logos der zu übertragenden Nachricht, sondern um den seltenen Fall einer fundamentalen Gleichursprünglichkeit von ästhetischer Form (musikalischer Inhalt) und Medienbotschaft.

Ist ein Defizit "virtueller", *per definitionem* also vollständig computer"errechneter" Welten, gegenüber dem Menschen dessen Bedürfnis, sich in einer realen Welt wiederfinden zu wollen, deren Charakteristik Rauschen und Störung sind und im Genre der *Noise Music* ihren ästhetischen Ausdruck finden? Nahezu rausch(en)freie Kommunikation ist ein Effekt, den Shannon in seiner Separierung von *signal* und *noise* durch mathematische Diskretisierung quasi-alphabetisch erzielen suchte - der eigentliche Zweck zur nachrichtentechnischen Revolution der "Digitalisierung". Doch gerade in der Verrauschung ist Kommunikation (medienphänomenologisch, also im Sinne menschlicher Wahrnehmung) in der Welt geerdet. Eine musikalische Partitur als solche - der pure Code - ist noch nicht die Musik selbst (entgegen Theodor W. Adornos nahezu pythagoräischer Meinung). *Mousiké* teilt mit der Mediendefinition der "Berliner Schule" die Eigenschaft, dass sie erst im geerdeten, also in Hard- respektive Wetware verkörperten *Vollzug* zur prozessualen Existenz kommt.

[Gleich dem funktechnischen Frequenzsprungverfahren, wie es zunächst in den Lochstreifenbändern von George Antheils Komposition zur synchronen Steuerung für Player Pianos zum Einsatz kam und von Hedy Lamarr später zur abhörsicheren Torpedosteuerung weiterentwickelt

363 Wikipedia, Eintrag "Drone Doom", https://de.wikipedia.org/wiki/Drone_Doom, Abruf 11. Januar 2023, unter Bezug auf: Thorsten Zahn / Petra Schurer, Emotionen in Zeitlupe, in: Rolling Stone (Juni 2003)

364 Gotthold Ephraim Lessing, *Laokoon oder die Grenze von Malerei und Poesie* [*1766], Stuttgart 1990. Zu dieser "Medien"differenzierung anhand des Prometheus-Motivs bei Goethe siehe Kittler 1989

wurde, stellt bereits die diskrete Notation einer Gesangstimme eine Art "Digitalisierung des Analogen" dar. Was hier der zeitdiskrete Fall ist, ist eine Diskretisierung (*sampling*) des Signalflusses, aber nicht schon dessen diskrete Prozessierung im Sinne der binären Informationstheorie (*cognitive radio*).]

Shannons Nachrichtentheorie, und die daraus abgeleitete Digitaltechnik, ist gleichsam eine medienepistemische Rekursion des Vokalalphabets, die sich bekanntlich dem Bestreben verdankt, mit symbolischen Zeichen akustische Signale zu kodieren - was in Altgriechenland noch ebenso die sprachlichen Laute, die musikalische Notation, und die mathematischen Zeichen umfaßte. Seitdem hat im Abendland die Sprache einen *lógos* im Sinne der Natürlichen Zahlen, um den Preis der ABCtraktion von der buchstäblichen "Welt" der reellen, prinzipiell digital nicht-berechenbaren Zahlen.

[Zu dieser Differenzierung kommt der Medientheorie unwillkürlich Kittlers Publikation von 1993 in den Sinn: "Es gibt keine Software" - zumindest nicht im Sinne einer aus der abendländischen Metaphysik vertrauten Dichotomie von Geist und Körper, Logos und Materie. Vielmehr gibt es Software immer nur als Verstrickung mit MaterRealitäten, und dies nicht nur im Sinne einer logozentristisch "informierter" Materie - der "passive" Medienbegriff, so Heider 1926 -, sondern eines medienepistemischen Momentums, das überhaupt erst im Moment dieser negentropischen Verstrickung zustande kommt - als *tertium datur* zwischen Natur und Kultur. Es handelt sich um eine nicht-triviale *Verknotung* des Symbolischem mit dem - oder im - Realen, die nicht ohne Schnitt zum Unknoten rückverformbar ist.³⁶⁵]

Denn "[w]ie eine Kehle klingt, barbarisch oder nicht, wie ein Gitarrenton einsetzt, verstärkt oder nicht, steht in keinem Buch und keiner Partitur. Das erlaubte nur Manipulationen am Code" - indessen nicht in an der Materialität des Zeitsignals selbst (dem ZeitReal). Erst technische Analogmedien erlauben die Direkterfassung und -erzeugung von Signalen unter Umgehung der willkürlichen (kulturellen) symbolischen Ordnung, und als solche sind sie nicht mehr - wie bei Lacan - an der Sprache als *langue*, sondern - wie bei Kittler - an der *parole* orientiert (um hier de Saussures Differenzierung aufzugreifen).

Das medienarchäologische Verstehen lauscht der Drone Music nicht mit den Ohren der Popkulturwissenschaft, sondern in erkenntnismedienwissenschaftlicher Absicht. Damit zurück zu deren Entschleunigung der musikalischen Melodie. Eine Inspiration dafür war

³⁶⁵ Siehe Nils Steinert, Die borromäischen Ringe, <https://www2.informatik.hu-berlin.de/~koessler/Proseminar/Proseminar2018/DieBorromaeischenRingeSteinert.pdf>, unter Bezug auf: M. Aigner / G. Ziegler: Das BUCH der Beweise, 4. Auflage Berlin (Springer), 2015

die hochkulturelle Minimal Music, konkret "der stehende Ton der möglichst lang ausklingenden Gitarren, die oftmals noch durch Feedback-, Echo- oder Hall-Effekte verstärkt werden"³⁶⁶ - und dies in Kaskaden, nämlich über mehrere miteinander verknüpfte Gitarrenverstärker. Ebenso werden Gitarren an Bass-Verstärker (Subwoofer) angeschlossen; die physikalische Sendung des Klangs zielt hier ebenso auf den Körper als resonantem (Infra-)Schallempfänger, nicht mehr primär nur auf das akustische Gehör (*listening*).

Jenseits der altgriechischen *mousiké* werden im Drone Doom Rhythmus, prägnante Akkordfolgen (Riffs) und Melodieverläufe "aufgelöst und sind nahezu non-existent"³⁶⁷ - subsemantisch, subnarrativ, submelodisch. Als Abweichung von der kulturellen Evolution von Musik erscheint dies nur aus historischer Sicht; einer Wissensarchäologie des Sonischen ist diese gebrochene Melodie als eher unterschwellige, aber umso andauernde Tradition vertraut - etwa die hochmittelalterliche Polyphonie der so genannten Schule von Nôtre-Dame. Deren Kompositionen stellen eine Art sonische Fourieranalyse *avant la lettre* dar, insofern sie den Zusammenklang in seine einzelnen Tonkomponenten auflösen.³⁶⁸ Von Perotins Komposition *Sederunt Principes* springt das nonlineare "musikalische" Gedächtnis unmittelbar wieder in die Gegenwart zu einem Vorbild von Sunn O))), nämlich zur Drone Doom-Formation Earth, konkret: zum Album *Earth 2* (1993), in ihrer "special low frequency version"³⁶⁹.

Techniknahe Medienwissenschaft lauscht solchen Klängen der Rockmusik nicht (allein) um des ästhetischen Genusses willen, oder im Sinne sogenannter Sound Studies, sondern primär aus Erkenntnisinteresse. Von medienepistemischer Relevanz sind solche elektronischen Klangteppiche als Kritik des "Digitalen" - und gar als schizoanalytische Dekonstruktion der strukturalistischen These Jacques Lacans (und im medientheoretischen Anschluß daran Friedrich Kittlers), derzufolge das Unbewußte wie eine Sprache respektive mathematisch strukturiert ist. Demgegenüber ist angesichts einer elektroakustischen Komposition (und Installation) wie Alvin Luciers sonisches Poem *I am Sitting in a Room* (1969) das akustische Unbewußte vielmehr "structures like acoustics"³⁷⁰ - und damit dem Logos respektive der komputativen Berechenbarkeit entzogen wie das Weiße Rauschen als dem signaltechnischen Analogon zur Drone Music. Alvin Lucier definiert die Klangfarbe als "white noise

³⁶⁶ https://de.wikipedia.org/wiki/Drone_Doom, Abruf 4. Januar 2023

³⁶⁷ Wikipedia, Eintrag "Drone Doom", a. a. O., unter Verweis auf: Arne Eber, *Ästhetik des Doom*, auf der Domäne ResettWorld, 31

³⁶⁸ Dazu Axel Volmar, xxx, sowie Berressem 2018: 10

³⁶⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=XK0bZS9r-JE>

³⁷⁰ Hanjo Berressem, *Eigenvalue. Contemplating Media in Art [Sound / Image / Sense]*, New York / London (Bloomsbury Academic) 2018, Kapitel 1 "SOUND: 1969", 5-31 (18)

filtered in such a way as to give it pitch"³⁷¹, und in der Schizoanalyse als Kritik der Psychoanalyse ist das anonyme akustische Unbewusste durchaus nicht mehr wie eine Sprache strukturiert, sondern besteht aus "vibrations of the air that the sense of hearing picks up as sound [...]"³⁷² - *drone music* im Sinne von Sunn O))) ebenso wie in der Deutung der elektronischen Einzeilen-Abtastung des Videobildes durch Bill Viola.³⁷³

Die technische Realität hinter Sunn O))) : Gitarrenverstärker

Um also nicht auf der Ebene elektroakustischer Phänomenologie oder gar musikalischer Ästhetik zu verharren, bedarf die medienarchäologische Analyse sonischer Ästhetik, wie sie sich in der Rockmusik und speziell im Drone Doom artikuliert, der "Erdung" im konkreten technologischen Gerät (also Hard- wie Software, Elektronik wie Schaltpläne).

Der Name der US-amerikanischen Drone-Doom-Band Sunn O))) ist hier Programm, denn er bezieht sich auf den (Gitarren-)Verstärkerhersteller Sunn Musical Equipment Company. "Die schriftliche Darstellung des Namens der Gruppe geht auf das Logo zurück, welches hinter dem Schriftzug 'Sunn' von einem Zentrum ausgehende Wellen darstellen soll. Das Logo ist eine Imitation der Bild-/Wortmarke des Verstärkerherstellers."³⁷⁴ Die Gitarren von Sunn O))) sind "auf Standard A gestimmt" (ebd.); Logo und Klang bilden hier eine Intensivierung und Re-Sonifizierung von McLuhans Begriff des *acoustic space*.

Und damit zum Gitarrenverstärker an sich. Die Kunst der medienwissenschaftlichen Deutung besteht darin, die entsprechenden Wikipedia-Einträge medienepistemisch, d. h. erkenntnisorientiert zu lesen. Was sich damit entbirgt, ist eine Art postantike *mousiké* - deren antikes Verständnis als Tanz, Prosodie, Klang, und erweiterter Bewegungssinn epistemologisch viel umfassender ist als der heutzutage auf Kunstmusik beschränkte Begriff: "Das Signal eines oder mehrerer Gitarrentonabnehmer wird über ein spezielles Instrumentenkabel oder auch über eine Funkstrecke an den Verstärker übertragen. Anders als die meisten Geräte zur Verstärkung akustischer Gitarren sollen Verstärker für E-Gitarren und E-Bass das Signal der Musikinstrumente in der Regel nicht klangneutral verstärken, sondern wesentlich zur Klangbildung

371 Alvin Lucier, *Music 109. Notes on Experimental Music*, Middletown, CT (Wesleyan University Press) 2012, 7, zitiert hier nach Berressem 2018: 19

372 Berressem 2018: 23

373 Bill Viola, *The Sound of One Line-Scanning*, in: ders., *Reasons for Knowcking at an Empty House. Writings 1973-1993*, ed. Robert Violette, London (Thames & Hudson) 1995, 153-168

374 [https://de.wikipedia.org/wiki/Sunn_O\)\)\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Sunn_O)))); Zugriff 5. Dezember 2022

beitragen."³⁷⁵ Die unter Toningenieuren ansonsten unbeliebte Verzerrung durch Verstärkung ist nicht nur *in*, sondern *als* Rockmusik ausdrücklich gewollt.

Auf den ersten Blick handelt es sich hier um eine weitere Form der von McLuhan als Medien definierten *extensions of man*: "Gitarristen betrachten Gitarrenverstärker häufig als Teil des Instruments und setzen die Geräte nicht nur zur Erzeugung von Lautstärke ein, sondern auch zu dem Zweck, ihrem Spiel klanglichen Ausdruck zu geben." (ebd.)

Medienanalytische Lektüre verlangt an dieser Stelle nicht nur die genaue Philologie der technischen Beschreibung, sondern auch einen Blick auf das Blockschaltbild eines typischen Gitarrenverstärkers, wie er im entsprechenden Wikipedia-Eintrag tatsächlich geboten wird: "Verdeutlicht wird der Signalfluss und die Anordnung der verstärkenden Bauteile sowie die Anordnung der Stellelemente."³⁷⁶

Der Schaltplan als spezielle Form eines Blockdiagramms ist eine "vorwiegend in der Technik angewendete grafische Darstellung der Wirkungen zwischen mehreren zueinander in Wechselwirkung stehenden Bauteilen oder Baugruppen."³⁷⁷ *Nota bene*: "Im Gegensatz etwa zum elektrischen Schaltplan werden jedoch nicht konkrete Verbindungen (wie elektrische Leitungen) zwischen konkreten Bauteilen, sondern die Wirkungen zwischen den als Blöcken dargestellten Funktionseinheiten dargestellt" (ebd.). Von medientheoretischem Interesse ist an dieser Definition besonders das Verhältnis von Diagramm (Logos) und konkreter technologischer Verkörperung.

Der Blockschaltplan kommt damit der *conceptual art* nahe: nicht zu verwechseln mit der *concept art* als Skizze visueller Signalflüsse in der Film- und Computerspieldramaturgie, sondern im Sinne von David Tudors elektrotechnischen "Partituren" für die Medienkunst-Darbietungen während der *9 Evenings: Theatre and Engineering* in New York 1966 "where artists and engineers from Bell Laboratories [...] collaborated on [...] the first event in a series of projects that would become known as E.A.T. or Experiments in Art and Technology."³⁷⁸

Eine konkrete Rolle als Ko-Agenten (im Sinne der ANT) spielte auch hier der "Amp", mithin also der elektronische Klangverstärker. Das - kybernetisch gesprochen - *System* aus E-Gitarre und Verstärker bildet ein Hybrid aus Elektronik und Mechanik, um damit die vertraute, erfahrbare

375 <https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarrenverst%C3%A4rker>, Zugriff 5. Dezember 2022

376 <https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarrenverst%C3%A4rker>

377 <https://de.wikipedia.org/wiki/Blockschaltbild>, Abruf 25. Januar 2023

378 https://en.wikipedia.org/wiki/9_Evenings:_Theatre_and_Engineering, January 27, 2023

physikalische Welt als Autorisierung des elektronischen Klangs mit einzuschreiben, der an sich mit seiner impliziten Sonik eher ein Klangideal erstrebt; insofern existiert auch die "reine" Sinusschwingung nur in ihrer elektronischen Form, generiert von Oszillatoren. Demgegenüber ist vielen E-Gitarrenverstärkern in der Rockmusik eine mechanische Hallspirale (Federhall) "zur Erzeugung künstlichen Nachhalls eingebaut"³⁷⁹ und macht das eigentlich elektronische Gerät zum tatsächlichen Hybrid. Somit findet Sunn O))) resonant zu sich.

[Abb.: Elektromechanischer Federhall in der "Grand Theatre" Elektronikorgel im Medientheater der HUB; ferner Experimental-Analogsynthesizer im Medienstudio c/o Martin Meier]

Der Unterschied zwischen Technik als reiner Objektivierung des Geistes und konkreter Technologie ist im elektronischen Verstärker nicht nur entscheidend, sondern kommt hier überhaupt erst zur medienarchäologischen Erkenntnis. Denn obgleich die verwendeten verstärkenden Bauteile (zunächst die Elektronenröhre, dann Transistoren in Halbleitertechnik) schaltungslogisch und funktional im Sinne der Elektronik äquivalent sind, unterscheiden sie sich gerade in der Signalprozessierung, konkret in der "Steilheit" des internen Signalverlaufs. "Seit den achtziger Jahren ist die Variante verbreitet, bei der in der Vorstufe Röhren eingesetzt werden, während die Leistungsstufe mit Transistoren betrieben wird." In Form von Hybridverstärkern, welche Transistorvorstufe und Röhrenendstufe "vereinigen"³⁸⁰, äußert sich das medienphänomenologische Begehren, die *asthetischen* Defizite des Hochtechnischen als weitgehende Abstraktion von der "analogen" Signal(um)welt gegenüber der manifesteren Welthaftigkeit archaischer Elektronik gegenseitig wettzumachen.

Kennzeichnend für genuin elektroakustische Ästhetik - im Unterschied zu bisherigen Kulturtechniken des Instrumentenbaus - ist die nichtlineare Verzerrung des Signals, wodurch der Output des Signals nicht mehr proportional dem Input folgt. Genau das, was Ingenieure zumeist zu eliminieren trachten, ist insbesondere in der Rockmusik erwünscht und wird durch gezieltes Übersteuern des Gitarrenverstärkers oder einzelner Verstärkerstufen innerhalb des Gitarrenverstärkers erreicht. Medienepistemisch umfassender formuliert, ist die Verstärkung *versus* Fehlerkorrektur die Kernoperation der systemtechnischen Kybernetik: das positive respektive negative Feedback, wie es Jimmy Hendrix mit seiner Verzerrung der amerikanischen Nationalhymne im Gitarrenspiel am letzten Tag des verregneten Woodstock-Festivals auf die Spitze trieb und

379 <https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarrenverst%C3%A4rker>, Zugriff 5. Dezember 2022

380 <https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarrenverst%C3%A4rker>, Zugriff 5. Dezember 2022

damit Eingang in die techniknahe Medietheorie fand.³⁸¹ Nicht nur das eigentliche Musikinstrument, sondern auch seine Extension im elektronischen Verstärker wird damit virtuos bespielt. "Die Übersteuerung der Vorstufe wird von den Herstellern als Distortion bezeichnet, die Übersteuerung der Endstufe [...] als Overdrive [...]. Dabei können diese in Kombination erfolgen und sich auch in der Signalkette beeinflussen." Was sich hier *nolens volens* als Signalverzerrung technikimmanent ereignet, kann apparativ auch explizit werden, "außerhalb des Gitarrenverstärkers in vorgeschalteten Effektgeräten" im genau so genannten Verzerrer. Eine solche Verzerrung "komprimiert" das Signal in der Vorstufe, wie es dann etwa im Heavy Metal zum Einsatz kommt, während im Fall der Endstufenverzerrung "mehr Dynamik [...] übrigbleibt"³⁸², zugunsten der Ästhetik von Blues- oder Rockmusik als *Eigenvalue* (Berressem 2018).

Der "verzerrte" Betrieb aller Stufen des Gitarrenverstärkers führt nicht allein zu großer Lautstärke, sondern - wiederum - als positives Feedback zwischen Mikrophon und Lautsprecher zu einer weiteren sonischen Artikulation im manifest akustischen Raum - anders als in der latenten Sonik der elektromagnetischen Felder, dem *acoustic space* im von der Wortwahl her doppelt unglücklichen Sinne McLuhans. Doch selbst der Protagonist elektronischer Musik David Tudor wurde einmal als "Acoustologist" angekündigt, in einem Programmzettel des Tape Music Center in San Francisco in den 1960er Jahren³⁸³ - im Unterschied zur "Acoustemology" von Steve Feld.

Der elektronische Gitarrenverstärker an der Grenze zum Digitalen

Um die sonische Eigenästhetik der - nicht nur nostalgischen - Röhrenverstärker zu verstehen empfiehlt es sich zunächst medienarchäologisch Simondon zu lesen, der seiner Genealogie des Wesens technischer Objekte ein ganzes Elektronenröhren-Kapitel widmet und damit ihre Möglichkeitsbedingungen in Trioden und Pentoden darlegt.³⁸⁴ Gitarrenverstärker verfügen zumeist "über mehrere Signalwege („Kanäle“) mit unterschiedlichen Klangeigenschaften"³⁸⁵. So artikuliert sich der pythagoreische Logos je nach Verkörperung in

381 Friedrich Kittler, *Grammophon - Film - Typewriter*, Berlin (Brinkmann & Bose) 1986, xxx

382 <https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarrenverst%C3%A4rker>, Zugriff 5. Dezember 2022

383 *Elektronische Kommunikation* Carsten Seiffarth, 31. Januar 2023, unter Bezug auf "*ephemerals*" aus der Sammlung Volker Straebel

384 Gilbert Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte* [FO 1958], Zürich (Diaphanes) 2012

385 <https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarrenverst%C3%A4rker>, Zugriff 5. Dezember 2022

elektrotechnischer Materie technomusikalisch: "Nachrichtentechnisch gesprochen werden dem Signal bei Eintakt-Röhrenverstärkern zunehmend geradzahlige Harmonische (Obertöne) hinzugefügt und das Signal wird zunehmend weich begrenzt [...]. Transistorverstärker arbeiten dagegen bis zur Maximalleistung linear; werden sie übersteuert, setzt die Begrenzung ('Clipping') schlagartig ein"³⁸⁶ - wie das aus dem Zeilenumbruch von Videosignalen vertraute Sägezahnsignal.

Damit gerät der elektronisch verstärkte Klang an die Grenzen zum Digitalen, das im Sinne der Fourieranalyse wenn nicht *idealiter*, so doch *materialiter* im physikalisch Realen immer lediglich "Eck"werte der stetigen Signalperioden darstellt und erst kognitiv im Sinne einer Mustererkennung als sogenannte mentale Repräsentation zur binären Logik *abstrahiert* wird - gleich der vokalalphabetischen Notation gesprochener Artikulation.³⁸⁷

Die Unschärfe (oder auch Friktion) des Moments, wo die symbolische Ordnung von Regelwerken und "Verkehrsordnung" - als buchstäbliche "Diskursregeln" - auf die individuellen Eigenheiten des Menschen im Realen prallt, ist auch aus der Makrowelt des Alltags vertraut, etwa in der Situation vor der Fußgängerampel, die gerade von "gelb" auf "rot" schaltet. Die scheinbar eindeutige binäre Ordnung von Stop-and-Go resultiert hier in einem Quantisierungsrauschen, also der Unentscheidbarkeit, ob nun Bewegung oder Nichtbewegung ansteht. Menschen in ihren irreduziblen biologischen und kognitiven Idiosynkrasien verhalten sich in solchen Situationen unvorhersehbar, wenn nicht gar "listig" - was seinerseits bereits wieder eine *mechané* darstellt. Genau diese Unschärfe aber übersieht Lacans linguistisch orientierter Logozentrismus, wenn er in seiner konzisen Beschreibung der "Urszene" des Digitalrechners das Bio- und Technoreale lediglich als sekundäre Verkörperungen des Logos deutet: "Von dem Moment an, wo uns die Möglichkeit gegeben ist," - mithin das digitale Apriori - "im Realen diese 0 und diese 1 *zu verkörpern*, diese Notation der Präsenz und der Absenz," - hier allerdings verfällt Lacan mit seiner Wortwahl der Metaphysik, statt schlicht von differenten elektrischen Spannungswerten (wie Kittler unter dem Titel "Es gibt keine Software") zu schreiben - "sie auf einem Rhythmus zu verkörpern, " - oder Algorhythmus (mit Shintaro Miyazaki) -, "einer grundlegenden Skansion," - welche als Bit *den Unterschied macht* - "ist etwas ins Reale übergegangen, und wir haben uns zu fragen [...], ob wir einbe Maschine haben, die denkt." Damit aber

386 <https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarrenverst%C3%A4rker>, Zugriff 5. Dezember 2022

387 Zum Unterschied von *wave form* und Impuls anhand elektromagnetischer "Wellen" im Radarwesen siehe Christoph Borbach, *Signal Propagation Delays. Eine Mediengeschichte der Operationalisierung von Signallaufzeiten, 1850-1950*, Dissertation, eingereicht an der Philosophischen Fakultät der Universität Siegen, 2023

wird der Logos der Maschine noch von seiner humanen Programmierung abgeleitet, nicht etwa als genuiner *Technológos*, welcher aus dem Innern der Technologie selbst emaniert. Indessen führt Lacans Argument denknotwendig zu einer Umkehrung von "KI" im Sinne der *Technológos*-Hypothese: Denn "wenn die Maschine nicht denkt, dann ist klar, dass wir selbst auch nicht denken in dem Moment, in dem wir eine Operation ausführen", und dies ganz im Sinne der Turingmaschine (Turing 1937), da "wir [...] exakt denselben Mechanismen [folgen] wie die Maschine"³⁸⁸.

Wie würde etwa ChatGPT ein Vorlesungsskript zum Thema "EPOCHEN DER DIGITALISIERUNG. Eine ebenso zeit-kritische wie techniknahe Analyse" halten? In der computerbasierten Kommunikationstechnik bezeichnet das *prompt* die vom Interface aufblinkende "Aufforderung an den Benutzer [...], eine Eingabe (*input*) zu tätigen"³⁸⁹ - unter Windows jedoch den Kommandozeileninterpreter (ebd.) - mithin also eine buchstäbliche Konkretisierung des *Technológos*.

Und steht gegenüber der Versuchungen von ChatGPT eine kritische "Degitalisierung" [sic] an?³⁹⁰ Bisweilen geschieht dies auch unwillkürlichen, von Seiten des Realen selbst. So legte etwa die unbeabsichtigte Durchtrennung eines Glasfaserkabels bei Bauarbeiten rund um den Frankfurter Flughafen am 14. Februar 2023 dessen gesamten Verkehr lahm - eine zutiefst medienarchäologische Erinnerung an das Mitspiel von Hardware als "Erdung" des Digitalen. Ein zentrales Anliegen dieser Ausführungen ist in diesem Sinne die Frage nach dem *Technológos* des "Digitalen" als operative Verschränkungen und technische Friktionen des Symbolischen im Realen und als "epochal" Tempore(a)les.

Der Unterschied zwischen idealer Logik und ihrer tatsächlichen Implementierung als lediglich in-formierte *téchne* wird im Falle des Gitarrenverstärkers geradezu "akustemisch" (Steve Feld) hörbar, nämlich in der Fouriersynthese an der Grenze zum Digitalen: "Durch die näherungsweise Rechteckform des Signals treten sehr hohe Frequenzanteile (Fourieranalyse) und aufgrund der verwendeten Gegentaktschaltungen ungeradzahlig Harmonische auf."³⁹¹ So wird der zunächst harmonische Logos, nämlich die ganzzahligen Brüche (altgriechisch *lógoi*) 1/2, 1/3, usf. der pythagoreische *mousiké* mithin

388 Jacques Lacan, zitiert hier nach: Viktor Mazin, Kettenbriefe, in: Velminski (Hg.) 2009, xxx

389 <https://de.wikipedia.org/wiki/Prompt>, Abruf 23. Februar 2023

390 Dazu "Degitalisierung: Was war nochmal das Problem?", in der Kolumne von Bianca Kastl auf der Webseite Netzpolitik.org, Eintrag vom 12. Februar 2023, <https://netzpolitik.org/2023/deigitalisierung-was-war-nochmal-das-problem/#netzpolitik-pw>, Abruf 13. Februar 2023

391 <https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarrenverst%C3%A4rker>, Zugriff 5. Dezember 2022

(elektro-)dynamisch. Das in der Antike nicht gelöste Problem des "pythagoreischen Kommas", an dem sich die ganzzahlige harmonische Ordnung bricht, läßt sich als altgriechischer Auftrag des *Technológos* verstehen, nach wiederholten Anläufen in späteren Epochen des Abendlands technomathematisch gelöst zu werden.

Im Rechtecksignalgenerator wird die binäre Logik von "Null" und "Eins", sofern die Impulse - etwa vom Trio Audio Signal Generator - in akustische Signale gewandelt werden, vernehmbar - und zugleich der ganze Unterschied zwischen idealer Binarität und ihrer tatsächlichen Verkörperung in und als physikalische Welt. Grundlage dafür ist indessen ein Gerät, das nicht von ungefähr Oszillator heißt, nicht: Digitalisator - buchstäblich *a world of difference*, die im Schalterwechsel zwischen einer Sinusschwingung und einer "hohlen" Rechteckschwingung eines Klangsignals erklingt. Impulsketten, die zu Beginn noch abzählbar vernommen werden, können durch ein Drehpotentiometer allmählich hochgesetzt werden, bis die kognitive "Hörschwelle" im Menschen erreicht wird und der (nach wie vor) diskrete Impuls zur stetigen "Ton"empfindung wird - während das Gerät innertechnisch solche qualitativen ästhetischen Kehren nicht kennt.

Die Rechteckschwingung als Medienereignis "bezeichnet ein periodisches Signal, das zwischen zwei Werten hin und her schaltet und in einem Diagramm über der Zeit einen rechteckigen Verlauf aufweist. [...] Das Rechtecksignal gehört bei der Klangerzeugung in Synthesizern zu den Grundformen und weist einen 'hohlen' Klangcharakter auf."³⁹² In der Sprache der Elektroakustik klingt die Rechteckschwingung also "hohl" - gleich einem Hinweis darauf, was der digitalisierten Welt gegenüber der Fülle des Analogen nach dem Sampling (aber nicht: nach dem Samplingtheorem) buchstäblich fehlt.³⁹³ Jede Digitalisierung ist mithin ein Akt der Deanalogsierung.

So lassen sich die elementaren Schwingungsformen gegenüberstellen. Gewiß läßt das "Klangbeispiel für Rechtecksignal mit 220 Hz" aus dem digitalen "off" einspielen³⁹⁴ - doch *nota bene*, es handelt sich in Form einer Online-Wiedergabe um eine ihrerseits digitale Prozessierung des Rechtecksignals zweiter Ordnung, nicht um eine gleichursprüngliche sonische Emanation aus dem "rechnenden Raum" (Zuse) des Computers.

392 <https://de.wikipedia.org/wiki/Rechteckschwingung>, Abruf 9. Februar 2023

393 Siehe W. E., Das kybernetische Opfer. Ausgeschlossene Daten, in: Andreas Becker / Saskia Reither / Christian Spies (Hg.), *Reste. Umgang mit einem Randphänomen*, Bielefeld (transcript) 2005, 27-42

394 <https://de.wikipedia.org/wiki/Rechteckschwingung>

[Exkurs zur Verschränkung von Klang und Rechtecksignal in der Genese von Sonar und Radar]

An dieser Stelle lohnt ein medienarchäologischer Exkurs.³⁹⁵ Das Sonar steht für die Ortung submariner Gegenstände vermittelt der Schallwellen. Demgegenüber fungierte erst das Radar in Form seiner Signalformung als buchstäblicher "Trigger" des Digitalen. Tatsächlich wurde für Radartechnik formuliert: "Waveforms that will be considered are not sine waves, but square waves, pulses."³⁹⁶ Eine Brücke zum Digitalcomputer baut Alan Turings Skizze der diskreten Taktung von kontinuierlichen Schwingungen zum hinreichend unterscheidbaren binären Impuls in der Mercury Delay Line als zirkulärem Speichermedium (Turing 1947) - hier durchaus noch kaum zum Rechtecksignal abstrahiert, sondern eher eine Modulation der stetigen Schwingung. So birgt das Analoge hier das Binäre noch nahezu "ungeboren".

Nicht aus irgendeiner kulturellen oder diskursiven, sondern aus schier technikimmanenter Notwendigkeit forderte Radar als Impulstechnik nach der Rechteckwelle im Unterschied zur aus der Radiosendung vertrauten schlichten Modulation von Sinuswellen, schon aufgrund seines zeitkritischen Wesens. Mit der diskretisierenden Schärfung des Signals geht jenes Epistem einher, welches seither als Enigma des Binärcomputers gilt: die "time of non-reality" (Norbert Wiener) zwischen zwei hinreichend trennbaren Zuständen. In einer technologisch geschärften Adaption von Lacans psychoanalytischer Terminologie geht hiermit das Rauschen des Realen ins Symbolische diskreter Werte über. Entscheidend ist hier, dass der Dirac-Impuls (*limes* Delta-*t* konvergierend gegen Null) eine geradezu platonische Idee bleibt, und vielmehr solche "digitalen" Effekte allesamt, genau betrachtet, hochzeitkritische Analogtechnik darstellen. Jede Epistemologie digitaler Kulturen, wie sie ein Universalthema der gegenwärtigen Medientheorien darstellt, muß also streng medienarchäologisch nicht erst beim symbolischen Oberbau der Programmierung, sondern bereits beim "elektrotechnischen Unterbau" (Borbach) ansetzen, also nicht lediglich auf der Ebene des numerischen Logos und der Algorithmen. Das Spezialgebiet der Technischen Informatik hat dies bis heute nicht vergessen. Der Digitalcomputer ist eben nicht nur eine mathematische, sondern unvorgänglich auch eine materielle Maschine. In den "pulse representations of mathematical quantities" (Chance et al. 1949) wird dieser *embedded (numerical) mind* physikalisch konkret. Der Rechteckimpuls, der in Turings 1947er Argumentation im Zusammenhang mit dem *clocking* so entscheidend für das

395 In Anlehnung an die Doktorarbeit von Christoph Borbach: *Signal Propagation Delays. Eine Mediengeschichte der Operationalisierung von Signallaufzeiten, 1850-1950*, eingereicht an der Philosophischen Fakultät der Universität Siegen, Dezember 2022

396 Britton Chance (et al.), *Waveforms*, New York 1949, 8

Digital*computing* ist ("treat time as discreet", O-Ton Turing), war längst in den Radartechniken realisiert. Von daher nimmt es nicht Wunder, dass die ersten operativen vollelektronischen Digitalcomputer erst aus der Allianz von Radaringenieuren und Mathematikern (ko-)emergierten. Damit erweist sich zeitkritisches Radar buchstäblich als "Impulsgeber" des Digitalen (Borbach). Allerdings stellt bereits der auf elektromagnetischen Relais beruhende Computer (wie Zuses erste Berliner Konstruktionen, aber auch der Harvard Mark II) nicht weniger ein "digitales" Rechenwerkzeug dar - wenngleich in einer anderen elektrotechnischen Verkörperung, und in anderen technologischen Verknüpfungen (Shannon 1937). Das Relais (und damit implizit schon das Siemens-Telegraphenrelais als Verstärker) privilegiert den Primat des Logischen, während der elektronische Rechteckimpuls die Tempor(e)alität des binären *computing* induziert. Was auch immer dann im Computer als "digitales Bild" erscheint, bleibt unvordenklich Signalverarbeitung. So weitet sich deren *Technológos* zu jenen Mensch-Maschine-Schnittstellen, in denen sich Digitalität dann zumeist als Bild kundgibt.

Tatsächlich ist hier schon der technisch-sensorische Akt der Distanzmessung selbst eine Übersetzung des Realen in ein technologisch verdrahtetes Wissen, vor aller expliziten Verdichtung im numerischen Regime abzählbarer Symbole.

Gerade weil die Rechteckimpulse im Radar zur elektronischen Ermöglichung digitaler Hochleistungsrechner geworden sind und damit einen symbolischen Code qua Modulation im Realen des Zeitsignals implementierten, ermöglichten sie den Umschlag vom passiven Begriff des Medienkanals zum enaktiven Medienbegriff der algorithmischen Maschine - eine Maschine, die am Ende den Begriff der Übertragung mit technomathematischer Intelligenz geradezu untertunnelt.³⁹⁷

Zur Emulation des Realen in der Digitalen Signalverarbeitung

Jeglicher Platonismus in der Medientheorie des "Digitalen" wird also durch seine (Tempo-)Realität unterlaufen: "Signale mit ideal rechteckigem Verlauf existieren nur theoretisch. In der Realität können die Flanken nicht senkrecht ansteigen und somit einen unendlich steilen Sprung ausführen; den stattdessen realen Sprung beschreiben die Anstiegs- und Abfallzeiten. Unter anderem wegen des kapazitiven und induktiven Verhaltens der Übertragungsleitungen weist ein Rechtecksignal häufig auch ein Unter- und Überschwingen auf. Gemäß Fourieranalyse erweist sich eine Rechteckschwingung als sinusförmige

397 Bernhard Vief, Die Inflation der Igel. Versuch über die Medien, in: Derrick de Kerckhove / Martina Leeker / Kerstin Schmidt (Hg.), McLuhan neu lesen. Kritische Analysen zu Medien und Kultur im 21. Jahrhundert, Berlin (transcript) 2008, 213-232

Grundschiwingung mit Oberschiwingungen."³⁹⁸ Das zuweilen auch als Rechteckschiwingung bezeichnete binäre Signal ist also kein Oxymoron.

Die Rechteckschiwingung, als Ideal des binär "Digitalen", gibt es nicht - zumindest nicht in der technisch realen Welt ebensowenig wie den "reinen" Sinuston. In der subtraktiven Klangerzeugung (im Unterschied zur additiven) werden aus einem Rechtecksignal durch "Cutoff" die Obertöne sukzessive herausgefiltert (Tiefpassfilter), bis zur Annäherung an den "reinen" Sinuston, der indessen nur idealiter existiert.

[An dieser Stelle eine medienepistemische Gegenfrage: Ist die spektrale Klanganalyse ein mathematisches Konstrukt zum Zweck der analytischen Modellbildung - gleich dem Bild"punkt" in der klassischen Fernschioldtechniklehre -, oder - wie von Helmholtz in seiner *Lehre von der Tonempfindung* formuliert - im menschlichen Gehör tatsächlich operativ?]

Diese Unschärfe steht am Anfang von diskretem *computing* (*en arché*), nämlich als Herzschlag des Digitalcomputers selbst: "Auch Quarzoszillatoren geben meistens eine Rechteckschiwingung ab, die zum Beispiel als Taktsignal für einen Mikroprozessor verwendet wird. Der Schwingquarz selbst führt dabei jedoch eine Sinusschiwingung aus."³⁹⁹

Und doch wird selbst dieses sonisch Reale am Ende vom Digital-Symbolischen wieder eingeholt. Die gleiche Firma Roland, der diese Demonstration im Medientheater den operativen Synthesizer verdankt, "simulierte erstmals erfolgreich durch integrierte Rechnermodelle vollständige, durch Mikrofone akustisch abgenommene Gitarrenverstärker der verschiedensten Bauarten [...]. Bei dieser Technik werden DSPs (digitale Signalprozessoren) verwendet um über mathematische Modelle das Verhalten von Röhrenverstärkern nachzubilden."⁴⁰⁰ An dieser Stelle kommt eine messerscharfe, ebenso techniknahe wie erkenntnisorientierte Zuspitzung der DSP von Seiten der Medientheorie zur Sprache, als ihr *Techno/ógos*: "Die Digitalisierung ist [...] ein Kurzschiuß, der unter Umgehung alles Imaginären das Reale in seiner Kontingenz erstmals symbolischen Prozeduren auftut."⁴⁰¹ Dieses medienepistemische Un-Ding ereignet sich in Form der diskreten Zeitschnitte im Hochfrequenzbereich, mithin: als ZeitReal.⁴⁰²

398 <https://de.wikipedia.org/wiki/Rechteckschiwingung>

399 <https://de.wikipedia.org/wiki/Rechteckschiwingung>, Abruf 9. Februar 2023

400 <https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarrenverst%C3%A4rker>, Zugriff 5. Dezember 2022

401 Friedrich Kittler, *Fiktion und Simulation*, in: *ARS ELECTRONICA* (Hg.), *Philosophien der neuen Technologie*, Berlin (Merve) 1989, 57-80 (74)

402 Zu diesem Begriff: W. E., *Kleinste Momente des Realen*, oder: $\lim. \Delta t \rightarrow 0$; Vortrag zum Kolloquium *Welcher Status bleibt dem „Realen“ in den*

Solche Modeling-Amps vermochten indessen auf der Bühne noch nicht zu überzeugen und damit die Röhrenverstärker umfassend ablösen - anders indessen die Firma Tech21, welche den klassischen Analogverstärker nicht schlicht signalseitig, sondern in seiner technischen Existenz hardwareseitig selbst mathematisch modelliert. Hier werden die Amp-Rechenmodelle "wiederum per Computer in eine reelle Schaltung aus Elektronikbauteilen" umgerechnet, "um damit ebenfalls sehr reelle Sounds zu generieren".⁴⁰³ Hier konvergieren das Reale und die Welt der reellen Zahlen buchstäblich. Doch erst wenn dieser mathematische Mechanismus seinerseits im MateRealen implementiert ist, wird die symbolische ganzzahlige Komputation nicht nur um die Dimension der berechenbaren, sondern auch der unwillkürlichen reellen Zahlen erweitert.

Zum operativen (und nicht nur symbolischen) Einsatz kommen hier "hochqualitative Analog-Digital-Wandler sowie Prozessoren hoher Rechenleistung"⁴⁰⁴. Darüber hinaus aber bietet seit 2006 "das US-amerikanische Start-Up FractalAudio mit dem AxeFx eine weitere Variante von Gitarrenamp-Simulatoren an. [...] Die Dynamik klassischer Gitarrenamps wird mit Hilfe von fraktalen Algorithmen nachgebildet" (ebd.) - mithin *emuliert*.

Exkurs: Für einen medienwissenschaftlichen Begriff von "Musik"

Die *Zeit*domäne des physikalisch realen Klangs (*sonus*) wird - bereits vor Fouriers Überführung stetiger Signale in numerische Abzählbarkeit - in der symbolischen Notation zu ihrem Kehrwert, nämlich zum *Frequenzraum* namens Musik.

In seiner Schrift *De musica* unterscheidet Augustinus zwischen "music as space, structured by the Pythagorean ratios" respektive Harmonien "as a silent order *outside time* [Kursivierung W. E.]" und ihrem Kehrwert als *Zeit*domäne: "music as movement" respektive Klang, "which is the rhythmic horizontalization of the cosmic ratios"⁴⁰⁵. Karlheinz Stockhausen wies in seinem Aufsatz "... wie die Zeit vergeht" genau darauf hin.

Eine auf Partituren fixierte Musiktheorie hat damit als blinden Fleck den Musikbegriff selbst. "Strangely, [...] music remains opaque in this system, receding into its own darkness, even as its numbers are called into the

digitalen Medien?, 15.-16. Juni 2007, Keio-University, Tokyo; publiziert in Japan. Übersetzung 2008

403 <https://de.wikipedia.org/wiki/Gitarrenverst%C3%A4rker>, Zugriff 5. Dezember 2022

404 Ebd., Kursivierung W. E.

405 Chua / Rehding 2021, Kapitel 6 "Definition"

light" - durch wissensarchäologische Aufklärung. "Despite the universal claim of theory, music always withdraws into its closed operations and conceals its being, revealing only glimpses of its inner mechanism."⁴⁰⁶ Dementsprechend hat Richard Beaudoin ein kompositorisches Verfahren des *microtiming* entwickelt, das aus der zeitkritischen Vermessung von aufgezeichnetem Klavierspiel als jeweils individuelles Signal seinerseits Material für neue Partituren gewinnt.

Mit dem hier angedeuteten "inneren Mechanismus" von Musik aber kommen Techniken und Algorithmen ins Spiel: "Music cannot be known except through its / particular modification by media. [...] it is the battery of hammers that banged Pythagoras's theory into shape. His idealist bent may have caused him to dematerialize music into numbers, but not before the hammers bent his ear to their 'alien' being [...]."⁴⁰⁷ Gibt es "a music that is dependent on neither sound nor human ears"⁴⁰⁸, oder - hier nun die Gretchen(gegen)frage von Seiten des Technológos - ist nicht die materiale Verkörperung (statt Metaphysik) deren Möglichkeitsbedingung, anhand derer Experimentierung Klang als musikalischer Logos überhaupt erst emaniert, als apriorische *mat(t)erealization*? "Vibrations are the concrete" - *embodied*? - "expression of numbers."⁴⁰⁹

Diese Frage konkretisiert(e) sich am Monochord, das - unabhängig von der Debatte um die Historizität eines Pythagoras - auch in seiner gegenwärtigen Aktivierung die pythagoreische Argumentation (wieder-)zeitigt. Obgleich saitenbespannt und somit der Kithara ähnlich, handelt es sich um kein Musik-, sondern Messinstrument; seine Anwendung liegt in der akustischen Forschung. Eine Urszene der "Digitalisierung" ist die trans-sonische Mathematisierung der schwingenden Saite, indessen nicht algebraisch, sondern euklidisch (*mos geometricus*).

Das Gerät stellt als selbst-bewusst werdende natur-technische Fügung eine akustische ebenso wie optische Verkörperung des *lógos* im altgriechisch mathematischen Sinne (ganzahlige Brüche und geometrische Proportionen) dar: ein implizites Wissen, welches erst durch bewusste Aktivierung (materielle / experimentale / messende Erforschung) zur Artikulation (und damit menschenseitigen Hörbarkeit) kommt. Menschliches "Verstehen" muss indessen darauf abgestimmt sein: sonische Resonanz als epistemisches *understanding*.

406 Daniel K. I. Chua / Alexander Rehding, *alien listening. Voyager's Golden Record and Music from Earth*, New York (Zone) 2021, "Introduction: Blink Bang", 2 f.

407 Daniel K. I. Chua / Alexander Rehding, *alien listening. Voyager's Golden Record and Music from Earth*, New York (Zone) 2021, "Introduction: Blink Bang", 2 f.

408 Ebd., 3

409 Chua / Rehding 2021, "Premise Three" in Kapitel 4 "Transmission"

Äquivalent dazu erklingen die sogenannten "Chiptunes" (1- und 8-Bit-"Musik"), denen in ihrer Archaik die diskrete Zeitweise des digitalen Tons noch für Menschenohren abhörbar ist, während sie sich in der *high fidelity* von CD-Abtastraten schon wieder zugunsten der scheinbar stetigen Dauer verliert. Die Operativierung der schriftlichen Notation durch den maschinell ausführbaren Code stellt eine (Wieder-)Verkörperung der symbolischen Ordnung *im* (und *als*) ZeitReal dar, respektive (gedeutet im Sinne einer techno-logischen Hermeneutik) sie entlockt dem akustisch Realen (s)eine symbolische Ordnung.

"Die Zeit tritt in der Logik nie auf, aber jedes Netzwerk oder Nervensystem braucht eine gewisse Zeitspanne zwischen Inputsignal und Outputreaktion. Eine bestimmte zeitliche Abfolge" - mithin eine Mikroepoche, eine Verzögerung (*delay*) - ist in der Arbeit eines solchen realen Systems immer mitgegeben"⁴¹⁰ - das ZeitReal. Und Uttley ergänzt unter umgekehrten Vorzeichen, dass die in diskreten signalverarbeitenden Systemen beschriebenen "zeitlichen Muster [...] mittels einer musikalischen Notation [...] einfach dargestellt werden".⁴¹¹

Computergenerierte Klänge sind die Antwort des "rechnenden Raums" (Zuse) auf Bergsons Kritik an der Mathematisierung der Zeitempfindung, indem granulare Synthese den Effekt der "Dauer" gerade durch ihre radikalste Antinomie, das mikrotonale Sampling, in Form des *time stretching* (etwa in der Audio-Softwareumgebung Ableton) zu erzeugen vermag.

Die "Epoche" der Digitalisierung wird damit von einer äußerlichen kultur- und medienhistoriographischen Zuschreibung zu einem innertechnisch aktiven Operator, nämlich zum mikrotemporalen Intervall - Δt . Vordergründig und umgangssprachlich bezeichnet der Epochen-Begriff einen historischen Zeitabschnitt, im ursprünglichen (altgriechischen) Begriff indessen auch - daran erinnert der Phänomenologie und akademische Lehrer Martin Heideggers Edmund Husserl (wichtig für Medienwissenschaft durch seine Abhandlung *Zur Phänomenologie der inneren Zeitwahrnehmung*) - ein Innehalten, eine Pausentaste (vertraut aus analogen Audio- und Videospiele), eine Aufhebung, einen zeitweiligen Stillstand. Konkret wird diese Mikroepoche in der von Norbert

410 John von Neumann, Wahrscheinlichkeitslogik und der Aufbau zuverlässiger Organismen aus unzuverlässigen Bestandteilen, in: C. E. Shannon / J. McCarthy (Hg.), Studien zur Theorie der Automaten (Automata Studies), erw. Ausgabe u. Übersetzung durch Frank Kaltenbeck + Peter Weibel, München (Rogner & Bernhard) 1974 [AO 1956], 57-121 (58)

411 Albert M. Uttley, Zeitliche und räumliche Muster in einer Bedingten-Wahrscheinlichkeits-Maschine, in: 315-324 (320), unter Verweis auf Abb.

Wieners Kybernetik definierten "time of non-reality" zwischen binären Schaltzuständen, also im Herzschlag des "Digitalen".

Erdungen des "Digitalen":

MEDIENTHEORETISCHE ARBEIT AM BEGRIFF DER TECHNOLOGIE.
Erkenntnisfunken aus dem Innern der Maschine am Beispiel der
"Digitalisierung"

Der *lógos* technischer Artefakte. Transitive Medientheorie als konkrete Medienarchäologie

Medias in res zu gehen ist für techniknahe Medienwissenschaft mehr als nur ein Wortspiel. "Zur Sache" meint hier zuallererst das Artefakt selbst - und dies im Zeitalter von *computing* notwendig zwifach seine Einblicke im hardwarenahen wie im mathematischen Sinne (Software, Code).

Technik wird im Sinne ihrer philosophischen Hinterfragung von Seiten Martin Heideggers nicht schlicht (kultur-)technisch, sondern epistemisch ebenso wie konkret techno-logisch verstanden - als "Stoff" im thematischen wie materiellen Sinne.

Unter dem "Stoff" von Medienwissenschaft versteht die techniknahe "Berliner Schule" nicht nur Texte und Worte, sondern buchstäblich auch die konkrete, real und symbolisch, also technisch wie algorithmisch informierte Materie und Energie.

Der Fokus der "Berliner Schule" von Medienwissenschaft liegt - bei aller sonstigen thematischen und methodischen Vielfältigkeit - auf techniknaher Medienanalyse. Dies unterscheidet sie von einer eher publizistisch orientierten, "inhaltistischen" Kommunikationswissenschaft. Kommunikation heißt hier zudem nicht schlicht Interaktion zwischen Menschen und Maschinen, sondern zunehmend auch Signalaustausch zwischen Maschinen selbst.

Technische Artefakte sind in der Epoche der Turingmaschine nicht mehr nur schlicht maschinelle Hardware, sondern auch algorithmische Mechanismen, ablesbar in den so genannten *artefacts* gestörter Pixelbilder.

Techniknahe Medientheorie widmet sich dem nicht schlicht als Rede oder Texte "über" solche Artefakte, sondern als "transitives Mediendenken"⁴¹² (beiderseitig) im Direktkontakt mit den Apparaten. Sie bildet

412 Ein Begriffsvorschlag von Ramon Quellmalz (Studierender der Philosophie, FU Berlin, Sommersemester 2024)

diesbezüglich nicht schlicht eine Variante, sondern eine nichtlineare Alternative zur narrativen Mediengeschichte.

Adjektive wie "technisch" und die geläufige Begriffsmünze "Technologie" scheinen heute so selbstverständlich, dass sie im medienkulturellen Diskurs kaum noch infrage gestellt werden. Demgegenüber gehört zu den vornehmsten Aufgaben von Medientheorie - zumal in Hegels einstigem Haus - die beharliche "Arbeit am Begriff". Doch im Unterschied zur rein (technik-)philosophischen Reflexion widmet sich radikal medienarchäologische Analyse zugleich den konkreten Verdinglichungen des *lógos* als *techné*: materielle Hardware einerseits, und "Undinge" (mit Vilém Flusser) als mathematische Operationen (Algorithmen, Software). Eskalationen von körpergebundenen *Kulturtechniken* zu maschinellen *Techniken* und ihre Autonomisierung zur *Technologie* werden damit fassbar. Den Leitfaden dieser Vorlesung bildet die *Technológos*-Hypothese, der zufolge den techno-logischen Gefügen ein Eigenwissen respektive Eigenwe(i)sen zukommen, die sich erst im operativen Vollzug der Verwicklungen der symbolischen Codes mit maschineller Materiealität (*sic*) entbergen. Das thematische Testfeld zur Verifikation solcher medientheoretischen Theoreme bilden die sogenannte Digitalisierung und das Maschinelle Lernen (Künstliche Intelligenz). "Geerdet" wird diese Thematik in angemessenen Momenten durch die *daimonstrative* Analyse exemplarischer Artefakte aus dem *Katalógos* des Medienarchäologischen Fundus *im* und *als* Medientheater. Den technischen Dingen und Prozessen wird ihr Dämon (ihr *Technológos*) entlockt.

Grounding media: Der medienarchäologische Primat der "Erdung"

Die "Erdung" ist zugleich ein elektrotechnisch präziser und methodischer Begriff, insofern sie für den Anspruch der medienarchäologischen Analyse steht, Technologien nicht logozentrisch als ideale Diagrammatik, sondern als deren immer schon in der physikalischen (und damit auch zeitlichen) Welt existierende konkrete materielle Verkörperungen zu verstehen.⁴¹³

Eine erkenntnisleitende (Hypo-)These dieses Technik(selbst)verständnisses ist im Sinne solcher "Erdungen" die Frage nach dem *Technológos* des Digitalen. Nicht nur die technischen Praktiken (im Sinne der Praxeologie), sondern auch das medienepistemische Konzept der "Digitalisierung" leiten sich aus konkreten materiellen "Affordanzen" ab - ein in der Wahrnehmungspsychologie geprägter

413 Dazu W. E., *Technológos in Being. Radical Media Archaeology & the Computational Machine*, New York et al. (Bloomsbury Academic) 2021 (Thinking Media Reihe)

Begriff.⁴¹⁴ Im Englischen meint *to afford* etwas zu "gewähren" respektive zu "ermöglichen" - als implizite, dem technischen Objekt innewohnende Verlockung zur Handhabung von Seiten der menschlichen Kognition. In der materiell "analogen" gegenständlichen Welt bildet dies den Gegenbegriff zum *lógos* (hoch-)technischer Artefakte.

Aus dem elektromagnetischen Relais als technisches Gefüge, das zunächst zu Zwecken der telegraphischen Kommunikation entwickelt wurde, leitete Claude Shannons (1937) eine operative Neuverwendung als materialisierte Boolesche Logik und technosymbolische Algebra ab.

Medienontologischer Exkurs zum Begriff der "Emulation":

Wie entscheidend ist hinsichtlich der Durchschaubarkeit von Künstlicher Intelligenz und Maschinellem Lernen die Differenz zwischen einem *computing*, das menschliche Denkprozesse lediglich modelliert respektive simuliert, und einer komputativen "Emulation"? Medientheorie als "harte Arbeit am Begriff" (mit Hegel) fragt hier nach, schaut aber - jenseits von Hegel - ebenso auf die begriffslose techno-logische Realisierung. Das Argument für ein elektronisches Neuronenmodell leitet sich zwar von der mathematischen Analyse von Hirnfunktionen ab, gewinnt aber als "hardware experiment" eine eigensinnige Ästhetik. "There are several advantages to study HN [a pulse-type hardware neuron] models instead of purely mathematical equations. (1) A HN model can provide real time processing. [...]; (2) Physical interpretation of each parameter of a model is quite obvious [...]; (3) Circuit dynamics can" - seinerseits - "be described by a mathematical equation"⁴¹⁵ im Sinne einer Hardwarebeschreibungs-Programmiersprache.

"Emulation" ist keine nur technische oder funktionale Praxis der computerkulturellen Überlieferung, sondern darüber hinaus - als Aufgabe und Sichtweise von Medientheorie - eine tatsächliche *medienontologisches* Anliegen, verbunden mit der Frage nach dem Wesen des Digitalcomputers.

Emulatoren erster Ordnung stellen ein funktionales Konzept des Digitalcomputers dar, insofern sie die virtuelle, d. h. gerechnete Fortexistenz oder gar Wiederauferstehung eines antiken Digitalcomputers in einem aktuellen Host-Computer erlaubt und so mit dem konventionellen Historismus kulturellen Erbes bricht. Emulation

414 James J. Gibson, The theory of affordances, in: ders. (Hg.), The ecological approach to visual perception, Boston (Houghton Mifflin) 1979, 127-143

415 Yoshinobu Maeda / Hideo Makino, A pulse-type hardware neuron model with beating, bursting excitation and plateau potential, in: BioSystems Bd. 58 (2000), 93-100 (94)

meint indessen nicht allein den Spezialfall der Existenz eines obsoleten Digitalcomputers in neuer Umgebung. "Emulation" als epistemogener Begriff (zweiter Ordnung) umfasst im Sinne der Universalen Turingmaschine (UTM) alles, was sich als algorithmischer Mechanismus diskret formulieren lässt. Zugleich aber wird damit der Computer auf seine Operationen als "symbolische Maschine" (Sybille Krämer) reduziert. Die Ausdifferenzierung zwischen mathematischer *computation* und tatsächlichem *computing* betont hingegen die immer schon auf operative Realisation angewiesene *Technomathematik* - als mithin medienmaterialistische *parole* im Unterschied zur abstrakten *langue* (im Sinne Fernand de Saussures) als "Konstruktionssystem für mögliche Aussagen"⁴¹⁶. "Berechenbarkeit" als metamathematische Frage (Turing 1937) wird damit - im Sinne transitiver Medientheorie und konkreter Medienarchäologie - buchstäblich "geerdet".

Gleich *medias in res* legt Medienarchäologie als techniknahe Methode von Medientheorie diesseits der offensichtlichen und diskursiven Medieneffekte (Computerspielemulatoren) deren medienepistemischen Mehrwert (Erkenntniswert) frei. Mit dem Konzept der Emulation als epistemogener Hervorbringung der Computerkultur ist eine Gretchenfrage zum *LÓGOS TECHNISCHER ARTEFAKTE* aufgeworfen, welche über den praktischen Einsatz von Emulatoren in Computer(spiel)welten weit hinausgeht. Wird das Digitale - gemäß Norbert Wieners Definition von "Information" ungleich Materie und Energie - in (elektro-)technischer Materialität lediglich inkorporiert, oder ist das Digitale nicht doch bereits selbst *korporealer* Natur? Die entscheidende Differenz zwischen computativ diskreter Berechenbarkeit und dem Realen liegt in der nonlinearen Dynamik und den "chaotischen" Bifurkationen, in denen es sich schlagartig artikuliert - wenn nicht photorealistisch, so doch *chronorealistisch*.

Gemäß David H. Ackleys Konzept der *living computation*, "in the end, living systems and computational systems turn out to be the same thing."⁴¹⁷ Und weiter: "Manufactured computers began as 'pure mind designs' but were not thereby excused from the demands of existing in the physical world."⁴¹⁸ Dies macht den ganzen Unterschied zwischen einem aktuellen "Rechner" (*computing*) und der abstrakten Turingmaschine (*computation* als Berechenbarkeit in der theoretischen Metamathematik) aus.

416 Michel Foucault, *Archäologie des Wissens*, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 19xx, 124

417 <https://livingcomputation.com>, Abruf 4. Juni 2024

418 <https://keys.ccrcentral.net/ccr/writing/ReAL/>

LivingComputThePresen.html, Abruf 4. Juni 2024. Siehe auch "The T2 Tile Project", <https://t2tile.com>

Quantencomputing als künftiger Antwort auf den aktuellen Bedarf gesteigerter Rechenkapazität angesichts von Datenkryptographie (Primfaktorzerlegung) und *big Trainingsdata* für Machinelles Lernen wird genau dann erfolgreich, wenn sich die entsprechenden Algorithmen "als Hardware darstellen und stark beschleunigen" lassen.⁴¹⁹ Dabei handelt es sich allerdings nicht schlicht um eine Verkörperung von Software, sondern um ein anderes Denken von Materie und Energie als Algorithmus selbst. Rechenzeit ist eine thermodynamische, und damit der Entropie anheimgegebene Form der "Hardware" respektive *tempor(e)al embodiment*. Boltzmann- und Shannon-Entropie - ansonsten medienwissenschaftlich auf Trennbarkeit angewiesen (Horst Völz) - sind hier - in technologischer Dialektik mit und gegen Hegel formuliert - "aufgehoben".

En arché, also: im Prinzip obsiegt die Universale Turingmaschine - der große Emulator im Sinne algorithmischer Berechenbarkeit - gegenüber allen anderen Medien. Doch Medienarchäologie widmet sich ebenso ihrer materiellen Implementierung als *unvordenkliche* Existenzweise. Die kleinste digitale Informationseinheit, das *bit*, kann nie als reine Idee existieren, sondern ist schon als Schriftspur auf Papier etwas Konkretes, das als "Code" einer anderen Existenzform zugewiesen wird. Die mathematische Theorie kennt ihrerseits die Diskussion um das Apriori der Materialität der Zahl und der Logik sowie des Zählens und der logischen Schlussfolgerung als in der Welt, d. h. in der Zeit seiend (Siegert 2019).

[Nur im arabischen, nicht aber etwa im römischen Zahlensystem lässt sich mit Stellenwerten numerisch und algorithmisch kalkulieren.⁴²⁰ "'6', 'VI', and '110' are three different representations of the number six; respectively, they are the Arabic, Roman, and binary representations. There is a different algorithm for addition depending on the representation used"⁴²¹ - wobei schon der Begriff der "Repräsentation" die Materialität der notationellen Spur verwischt.

Ob nun schriftliche Notation (*writing*) oder integrierter Schaltkreis (*wiring*): das Digitale ist immer schon im MateRealen geerdet. Die Kluft zwischen dem Symbolischen und dem Realen ist keine absolute und unterläuft die schlichte Fortschreibung der metaphysischen Dichotomie von Geist und Materie im abendländischen Denken. Strukturell

419 Till A. Heilmann / Jens Schröter, Friedrich A. Kittler: Die Eskalation der Medien, in: M&K, 72. Jg., Heft 1 / 2024, 79-93 (90)

420 Siehe Paul Dourish, Rematerializing the platform: Emulation and the digital-material, in: Sarah Pink / Elisenda Ardèvol / Débora Lanzeni (eds.), Digital Materialities. Design and Anthropology, London (Bloomsbury Academic) 2016, Kapitel 2

421 Ethem Alpaydin, Machine learning: the new AI, Cambridge, Mass. / London (MIT Press) 2016, 21

programmierbare Hardware (Conrad) ist keine Überwältigung schierer Materie durch die symbolische Ordnung, sondern ein Operieren mit bereits symbolisch (in-)formierter, logisch geformter Materie respektive Energie. Unter "Hardware" wird hier immer schon "programmable hardware"⁴²² verstanden. Wenn indessen durch bewusste Verunreinigung das Kristallgitter von Silizium zum gesteuerten Wandern und Sperren von Elektronen verführt wird, ist damit dem Kristall selbst ein latenter *Technólogos* entlockt.

1987 vergleicht Phil Koopman in der Zeitschrift *Byte* zwei Methoden zum Implementieren (besser als: "verkörpern") von Kontrolllogik für eine CPU. Der Name der Zeitschrift ist Programm: *Byte* - wo buchstäblich jedes Bit "zählt" (d. h. einen abzählbaren Unterschied macht). Es geht um einen Abtausch (*trade-off*) zwischen logischer Eleganz und zeitkritischer und kostengünstiger Effizienz: "[...] hard-wired control is used for computer designs that are simple of that require fast execution speeds while microcoded control is used in complex computer designs to keep design costs low."⁴²³

Der ganze Unterschied zwischen einer physikalisch realen Maschine und einem symbolischen Mechanismus (gleich Turings Algorithmus) kommt hier ins Spiel der Medienerkenntnis. Während textile "Muster" im Jacquard-Webstuhl durch binär kodierte, gelochte Holzblöcke wenn nicht *hardwired*, so doch "fest gekoppelt" (Heider 1926) gesteuert wurden und damit das Modell für Charles Babbages Entwurf eines programmierbaren mechanischen Digitalcomputers (und einer Hardware-orientierten "mechanical notation") lieferten, beschreibt seine mathematische Muse Ada Lovelace dessen symbolische Software bereits als das Weben von "algebraischen Mustern" (*algebraic patterns*), blumen- und musikgleich. Mustererkennung im "Deep" Machine Learning ist indessen heute keine Frage der symbolischen Programmierung allein mehr, sondern der Stochastik ihrer "subsymbolischen" Trainingsdaten.

Kleinste Manipulation im Symbolischen sind hier am Werk - verbleiben indessen im Regime des Symbolischen. "t" (von lat. *tempus*) bildet das Formelzeichen der physikalischen Zeit. Zum Signal aber wird es erst im elektrophysikalischer Vollzug. Für *Medien, die wir mein(t)en* macht dieses "t" im physikalischen Sinn die ganze Differenz zwischen mentaler Repräsentation und realer Implementierung als zählbare Abfolge von Bewegung (die aristotelische Zeit-Definition). Die rein physikalische (thermodynamische) Zeit "hat im Gegensatz zu anderen physikalischen

422 Koopman 1987: 235

423 Phil Koopman, "Microcoded Versus Hard-wired Control", in: *BYTE*, Januar 1987, 235-242 (242). auch Kyle Stine / Axel Volmar (Hg.), *Media Infrastructures and the Politics of Digital Time: Essays on Hardwired Temporalities*, Amsterdam (Amsterdam University Press) 2021

Größen eine eindeutige, unumkehrbare Richtung"⁴²⁴ - im Gegensatz zur medientechnischen Zeitachsenmanipulation (Kittler), die das (Mate-)Reale symbolisch in-formiert. Der frühe Film *Démolition d'un mur* der Gebrüder Lumière von 1896 ging in die Kinogeschichte ein, weil eine kinematographische Notwendigkeit, nämlich das Zurückspulen einer Filmrolle nach dem Ende ihrer kurzen Projektion, bei unwillkürlich angeschaltet bleibender Beleuchtung das ganze Ereignis im Krebsgang zeigt.⁴²⁵

So ist der Zeitpfeil durch symbolische Maschinen manipulierbar geworden. Die Zeit im Regime der Informationstheorie (Shannon) aber ist eine geradezu negentropische. Und damit zurück zum Formelzeichen für den physikalischen Parameter Zeit, das t . Im Bit *macht* der zeitkritische Unterschied (als Delta / Intervall), nämlich der Umschaltmoment (Wieners "time of non-reality", als binärer Informationswert den ganzen Unterschied als Äquivalente von "Null" und "Eins" (Spencer-Brown). Ein jeder solcher zeitkritische Vollzug bedarf indessen vollzugsfähiger Materie zum Zweck seiner *enaction* - gleich den kognitiven Operationen des Geistes (Chalmers / Clark). Die scheinbar materie- und energiefreie "Information" (Wiener 1948) muss in der technischen Welt implementiert sein, um als Zeit zu operieren - und wird damit zugleich immer schon unrein als *computing* (und im symboltechnischen Regime der Komputation "unvollständig"). In logozentrischer Lesart stellt die Emulation eines antiken Commodore Amiga zum Zweck des *retrogaming* auf einer aktuellen Computerplattform im Anschluss an Turings Modell der universellen diskreten Maschine (1937) eine gleichursprüngliche Wesensgleichheit dar. In seiner elektrotechnisch bedingten zeitkritischen Differenz indessen spielt sich die Software anders.

Kritische Analyse in den New Media Studies (Lev Manovich) reduziert den Computer auf Symbolmanipulationen, auf die "symbolische Maschine" (Sybille Krämer). Doch ein Algorithmus als Computercode vermag noch nicht bereits zu tun, was er besagt. Sein mathematischer Logos muss dazu zum Technológos werden: "implementiert" *in* und *als* Materie.

424 DokCheckFlexion, Eintrag "Zeit" von Frank Antwerpes / Bijan Fink, <https://flexikon.doccheck.com/de/Zeit>, Abruf 10. Juli 2024

425 Online etwa <https://www.dailymotion.com/video/x74uwfy>. Dazu der Beitrag "Wiederholung Wiederholung Wiederholung" von Cornelius Dierks im Rahmen der studentischen Lecture-Performances SYNTHESIZED. sound performance film photo exhibition (Abschlusspräsentation der Seminare "Klangarchäologische Studien am Synthesizer", "Zukunftsmusik - Elektronische Musik und ihre Vermittlung" sowie "Konzept Medientheater" unter Leitung von Christina Dörfling, Florian Leitner, Martin Meier, Piotr Niedzwiecki und Gisbert Schüring), im Medientheater des Instituts für Musikwissenschaft und Medienwissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin, 9. Juli 2024

Materie aber unterwirft sich nicht einfach dem menschlichen Geisteswillen. Die materiale Differenz von *lógos* und *techné* meldet sich bisweilen als Störung oder gar Unfall "zu Wort": als Einbruch des Realen in die symbolische Ordnung. Am 9. Juli 2024 hob die europäische Trägerrakete Ariane 5 erfolgreich ab und erfüllte dann einen Großteil ihrer Mission, geriet im letzten Abschnitt aber ins Trudeln und konnte ihre letzte Nutzlast (Satelliten) nicht mehr abwerfen. Das erinnert an eine Katastrophe ihrer Vorgängerin, nämlich Ariane 5. Diese startete am 4. Juni 1996 zu ihrem Erstflug mit vier Cluster-Satelliten als Nutzlast. "Nach 37 Sekunden stellte sich die Rakete plötzlich quer, brach durch die Luftkräfte auseinander und sprengte sich selbst." Es stellte sich heraus, "dass Teile der Software von der Ariane 4 übernommen worden waren, ohne die Gültigkeit der Anforderungen zu überprüfen und ohne das System zu testen."⁴²⁶ Nicht nur der Computer, sondern auch die Rakete selbst stürzte ab.

Insofern macht auch die konzeptionelle Differenzierung zwischen Hardware- und Software-Emulatoren tatsächlich einen operativen Unterschied. Ein konkreter Computer ist nie auf die rein symbolische (Turing-)Maschine zu reduzieren - und selbst diese ist in ihrer symbolverarbeitenden Operativität immer schon "unrein".

[Darauf weist Turing höchstselbst in Form von Fußnote 5 seines Textes über *computable numbers* hin, betreffs der drohenden Ununterscheidbarkeit von dichtgedrängten Bleistiftchiffren auf Papier.]

Der umfassendere Begriff der Turingmaschine meint nicht nur den Geist der Maschine (ihre Software), sondern ebenso ihren Körper (nicht schlicht: "deren Verkörperung"). Das hat Konsequenzen für das Konzept der Emulation, der sich damit von seiner Reduzierung auf algorithmische Prozeduren abspaltet und vielmehr auch auf Hardware-Emulation setzt: "the process of *imitating* the behavior of one or more pieces of hardware (typically a system under design) with another piece of hardware [...]."⁴²⁷

Dafür gibt es dann ihrerseits wieder Hardwarebeschreibungssprachen wie Verilog: ein Quellcode "which is compiled into the format used by emulation system" (ebd.).

Hardwarebeschreibungssprachen stellen eine formale Sprache dar - mithin also bereits eine Überführung des realen in die symbolische Ordnung, "mit der Operationen von integrierten Schaltungen und ihr Design beschrieben sowie in Simulationen getestet werden können". Sie drücken "ein zeitliches Verhalten und/oder eine (räumliche)

426 https://de.wikipedia.org/wiki/Ariane_5#Fehlgeschlagener_Erstflug, Abruf 10. Juli 2024

427 https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware_emulation, Zugriff 7. Mai 2024

Schaltkreisstruktur in *Textform* aus. Geht hier die symbolische Ordnung als Simulation dem Realen *voraus*? Im Gegensatz zu Software-Programmiersprachen beinhalten Syntax und Semantik der HDLs in ihrer Notation Möglichkeiten, zeitliche Abläufe und Gleichzeitigkeiten auszudrücken, wie es von Hardware verlangt wird."⁴²⁸ Damit sind sie - wenngleich lediglich symbolisch - in der diskreten (nicht stetigen) Zeit, d. h. in der Welt: jene Dimension, die der Reduktion auf den reinen Logos entgeht.

Die computermedienwissenschaftlich grundlegende Unterscheidung von Hard- und Software (Kittler) wird damit nicht obsolet, doch im Sinne von Hegels Dialektik geradezu "aufgehoben". Im Unterschied zum nostalgischen Retrocomputing ist die Funktion hier eine radikal gegenwärtige, geradezu prognostisch. Das eigentliche Ziel von Hardware-Emulatoren ist "debugging and functional verification of the system being designed."⁴²⁹

Aus dem Analogcomputing ist dies als integrierte Echtzeit-Simulation vertraut, wo Teile der realen signaltechnischen Operationsketten durch symbolischen Code ersetzt werden - ein Hybrid. Der Test eines Emulators ist seine tatsächliche Implementierung in der realen technischen Welt. "Often an emulator is fast enough to be plugged into a working target system in place of a yet-to-be-built chip, so the whole system can be debugged with live data. This is a specific case of *in-circuit emulation*."⁴³⁰

Der mathematische und logische Idealismus der Turingmaschine hingegen verwechselt *computation* mit tatsächlichem *computing*. Das medienontologische Kriterium lautet Simulation versus Emulation: Imitiert der aktuelle Computer seinen antiken Vorläufer, oder ist er im gleichen Existenzzustand? Diese Äquivalenz gilt allein für die symbolische Konfiguration, nicht aber für die Idiosynkrasien der realen Implementierung, die etwa aus der differentiellen Synchronisierung der diskreten internen Rechenoperationen, aber auch der unterschiedlichen Ausgabemedien (Kathodenstrahlbildschirm vs. Pixelmonitor) resultiert, auf deren techno-logisches Verhalten hin die Programme einst optimiert wurden. "[...] input and output operations are ones that go beyond the traditional mathematical descriptions that are the foundation of how we reason about computers."⁴³¹

428 <https://de.wikipedia.org/wiki/Hardwarebeschreibungssprache>, Abruf 27. Mai 2024

429 https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware_emulation, Zugriff 7. Mai 2024

430 https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware_emulation, Zugriff 7. Mai 2024

431 Abschnitt "Timing" in Dourish 2016, unter Bezug auf Montford / Bogost, *Racing the Beam* (2009)

Ein solches Gegenstück zur diskreten komputativen "Berechenbarkeit" ist in der so genannten "analogen" technischen Welt das FAX-Gerät:

Wie antiquiert ist das "Fax" gegenüber der digitalisierten Signalübertragung wirklich?

Als Kontraststudie für eine konkrete Erdung des Diskurses über Digitalisierung dient das "Fax" (für Telefacsimile), also die Übersendung des Faksimiles eines Textdokuments *als Bild* über die bislang eher "stimmliche" Telephonleitung, wie es im Zuge des Managements der Corona-Epidemie in deutschen Gesundheitsämtern, aber auch noch in den Sekretariaten an der Humboldt-Universität zum Einsatz kam und kommt. In derzeitigen Forderungen nach mehr Digitalisierung (bis hin in den Deutschen Bundestag) wird das Fax zumeist als für ein "Steinzeitmedium" in der nachhinkenden Kommunikations-Infrastruktur der Bundesrepublik verschmäht. Medienarchäologie aber komponiert kein Requiem auf das FAX aus seinen vertrauten Geräuschen, sondern sieht sein fortdauerndes Potential als Altealternative zur Digitalisierung. Digitalisierung meint aus medienarchäologischer Sicht etwas Anderes als im derzeitigen diskurspolitischen Jargon: nämlich die Sensibilisierung dafür, wieviel "Digitales" bereits in sogenannten "analogen" Medien steckt, das entborgen werden kann. "[...] *analogue* is often used in the sense *something that bears analogy to something else*."⁴³² Kurioserweise erweist sich damit etwa bereits die Morse-Telegraphie des 19. Jahrhunderts als "analog" zu digitalen Kommunikationsmedien, mit ihrer (um das Pausenzeichen erweiterten) "binären" Impulsübertragung, sowie der bis jüngst in den Presseagenturen wirksame Bildtelegraph mit seiner zeilenförmig optische Signale aufzeichnenden Trommel nach dem Muster des Edison-Phonographen.

Die Demonstrationsobjekte im MAF verstehen sich als

anschreiben

"Daimon"stration: der Begriff des Musters ist dem mittellateinischen *monstra* ("Probestück") entlehnt, zurückgehend auf lateinisch *mōnstrāre* „zeigen, hinweisen, anweisen“⁴³³, während der *daimon* altgriechisch als Geist(er)wesen eine Art natürliche "KI" darstellt und seinerseits eine Medienfunktion erfüllt: "Die *daimones* vermitteln zwischen Göttern und Menschen." = <https://de.wikipedia.org/wiki/Daimon>, Abruf 12. Juni 2024

[Etymologisch versteht sich der *dāimōn* (δαίμων), *daemōn* "wahrscheinlich im Sinne von 'Zuteiler' zu *dāiesthai* (δαίεσθαι) 'teilen,

⁴³² Webseite Grammarist, Eintrag "Analog vs. analogue", <https://grammarist.com/spelling/analog-analogue>, Abruf 21. Februar 2014

⁴³³ <https://de.wikipedia.org/wiki/Muster>, Abruf 12. Juni 2024

verteilen' und damit zur Wurzel *dā(i)-, *dī- 'teilen, zerschneiden, zerreißen' (s. Zeit) gehörend" = Webseite DWDS Etymologisches Wörterbuch des Deutschen, Eintrag "Dämon", Abruf 12. Juni 2024]

Zu den so genannten "lost sounds" gehört im Archiv der Medienarchäologie das signifikante Fax-Geräusch:

- *online* einspielen: fax machine sound effect
https://www.youtube.com/watch?v=iaE_jvU8u6Q

Doch Achtung, bei dem Fax-Geräusch, abgerufen aus dem Internet, handelt es sich nur um ein symbolisches Surrogat, da die analoge Klangquelle bereits digitalisiert (gesampelt) wurde. Ehrlicher wäre es, den Übertragungsstream dieser Aufnahme selbst zu sonifizieren. Nur der analoge Klang ist signalgetreu "ehrlich" im Sinne einer nicht nur phänomenologischen oder digital modellierten, sondern physikalischen Akustik.

Auf diesen Einspruch antwortet indessen der Anspruch des Sampling-Theorems von Nyquist / Shannon.

Das diskursive, von den publizistischen Medien verstärkte Requiem auf das Fax (in Gesundheitsämtern) als "Steinzeitmedium" in Zeiten der Pandemie (2020-22) unterlag einer Verkennung: Das Fax selbst hat bereits paradigital agiert. 1913 erlaubt der Belinograph die Übertragung gescannter Bildzeilen vermittelt einer Photozelle über Telephonleitungen. Alfred Korn wickelt Positivphotographien auf transparentem Film um einen Drehzylinder aus Glas, und ein darauf gerichteter Strahl, welcher das Motiv zeilenweise abtastet (der buchstäblich *scan*), lässt das jeweils durchscheinende Licht durch eine Selenzelle in elektrischen Strom wandeln.

Demonstrationsobjekt: Selenzelle (MAF)

Damit ist auf einer noch elementareren Ebene der photoelektrische Effekt aufgerufen, dessen Entdeckung Albert Einstein zum Nobelpreis verhalf. Unter massivem Lichteinfall werden Elektronen aus einer Oberfläche herausgelöst, und umgekehrt geben die den Atomkern umkreisenden Elektronen bei ihren Bahnwechseln Energiequanten frei, wie sie vom Menschen als Licht wahrgenommen werden. Dies ist zunächst ein physikalisches Ereignis, unterhalb der medienarchäologischen Ebene. Zum technischen Ereignis wird der Photoeffekt erst dann, wenn er von kulturellem Wissen bewusst angeeignet und funktional gesteuert wird - konkret etwa auf der klassischen Mattscheibe des analogen Fernsehens, wenn der zeilenförmig gerichtete (und intermittierende, damit "halb-digitale") Kathodenstrahl auf Phosphor prallt und damit den Bildschirm zum Leuchten bringt. Erst in diesem Zusammenhang wird dem schlichten Photoeffekt (s)ein

Technológos entlockt.

[Der Technológos ist eine erkenntnisleitende Unterstellung im Sinne des von Charles S. Peirce definierten *abductive reasoning*: das "Zurückschließen durch Hypothesen"⁴³⁴. Die Abduktion "ist im Gegensatz zur Deduktion nicht zwingend logisch, weil eine Wirkung mehrere Ursachen haben kann" (ebd.) - resultierend in der unhintergehtbar materiellen und energetischen Verankerung von Techno-Logik. Als heuristischer Trick entspricht der Technológos dem Laplaceschen und Maxwell'schen "Dämon".]

Hier stellt sich die Frage, ob dies eine äußerliche, invasive Manipulation von Seiten des Menschen darstellt, oder nicht vielmehr der Appell des Photoeffekts seine Instrumentalisierung zum "Fernsehen" induzierte.

Empfängerseitig wird in der Bildtelegraphie (wie sie als Bezeichnung für "digitale" Medien *avant la lettre* treffend genannt wird) der über Draht oder drahtlos ("Bildfunk", Slow Scan TV) übertragene und in Licht zurückgewandelte Strom auf eine photoempfindliche Folie auf einem synchronen Drehzylinder in einer buchstäblichen Black Box zum (zunächst latenten) Bild zurückverwandelt.

Dennoch handelt es sich bei dieser Serie von Impulsen nicht um "Pixel" im technomathematischen Sinne des "digitalen Bilds", sondern um stetige (wenngleich s/w extreme) Signale. Der "Bildpunkt" für analoge Bildübertragung stellt vielmehr eine heuristische Theoriefiktion dar (ebenso wie der "Äther").

Die medienontologische Gretchenfrage lautet hier: Ist das "Pixel" im Sinne der digitalen Signalverarbeitung ein real verkörpertes *picture element* oder lediglich ein "diskreter Abtastwert"? "Ein Pixel muss in der Vergrößerung nicht notwendigerweise als Quadrat erscheinen."⁴³⁵

1925 erfindet Rudolf Hell die elektronische Bildzerlegerröhre; der Hell-Schreiber schreibt die auch für das spätere FAX charakteristische Bildtelegraphie von Trommel technisch fort. Die ersten in den 1920er Jahren von den AT&T Labs (also Telekommunikationskonzerne) übertragenen FAX-Bilder benötigten sieben Minuten sukzessiver Übertragungszeit⁴³⁶ zum Zeitbild wird hier der "Bild"raum, als technische Rekursion des 1766 von Gotthold Ephraim Lessing formulierten *Laokoon-*

434 Eintrag "Abduktion", in: Stefan Hesse, Lexikon künstliche Intelligenz. 1300 Begriffe von A bis Z zum maschinellen Denken, Renningens-Malmsheim (expert-Verl.) / Wien (Linde) 1999, 1

435 <https://de.wikipedia.org/wiki/Pixel>, Abruf 5. April 2021

436 Samir Bhowmik, Deep Time of the Museum: The Materiality of Media Infrastructures. Doctoral dissertation, Aalto University, Helsinki (Aalto Art Books) 2016, 305

Theorems.

Die zeilenförmige Übertragung ist linear; der Zeilenumbruch indessen diskret - ein halbdigitales Hybrid. "Obwohl viele Faxgeräte durch digitale Prozessoren gesteuert werden und digitale Netzwerke die Grundlage von Telefonnetzen darstellen, übertragen die meisten herkömmlichen Faxgeräte die Faxdokumente über den analogen G3-Faxstandard"⁴³⁷; der Kanal - das eigentliche *medium* im Sinne Shannons - bleibt analog; der *Technólogos* der Telephonie bestimmt hier die *sonische* Form der Übertragung auch nicht-stimmlicher Signale. Der G3-Faxstandard "verwandelt die zu übertragenen Informationen in Töne einer bestimmten Frequenz und sendet sie über eine Sprachverbindung. Es existieren auch Standards für das komplett digitale Faxen über ISDN oder über das Internet", etwa das Online-Fax per Internet (ebd.).

Dies also als Beispiel einer medienarchäologischen "Erdung" der sogenannten Digitalisierung. Adjektive wie "digital" und das ubiquitäre Schlagwort "Digitalisierung" scheinen so selbstverständlich, dass sie im Diskurs der Medienkultur kaum noch infrage gestellt werden. Demgegenüber gehört zu den vornehmsten Aufgaben von Medientheorie - zumal in Hegels Haus - die techniknahe "Arbeit am Begriff". Zur Techniknähe in der Begriffsklärung mahnte Albert Einstein am 22. August 1930 anlässlich seiner "hybriden", weil an real Anwesende wie an per Radio Abwesende gerichtete Eröffnung der 7. Deutschen Funkausstellung und Phonoschau in Berlin: "Sollen sich auch alle schämen, die gedankenlos sich der Wunder der Wissenschaft und Technik bedienen und nicht mehr davon geistig erfasst haben als die Kuh von der Botanik der Pflanzen, die sie mit Wohlbehagen frisst."⁴³⁸ Einsteins Telekommunikation ist nicht nur über eine örtliche, sondern auch zeitliche Distanz hinweg an Medienwissenschaft gerichtet. Radikale Medienarchäologie widmet sich im Sinne von Einsteins Appell daher einerseits konkret den technischen Dingen (Hardware) und "Undingen" (Software, mit Vilém Flusser) und macht sie damit überhaupt erst analytisch fassbar. Medienarchäologische Analyse rückt andererseits die aktuelle Forderung nach vermehrter "Digitalisierung" von Lebenswelten in eine grundsätzlichere Dimension von epistemischem Gewinn und Verlust. Es gilt hier keinen Fortschritt zu verkünden, sondern nostalgiefrei eine Ökonomie dessen zu identifizieren, was gewonnen und verlorengegangen ist.

Die "Erdung" der Komputation im realen *computing*

437 Eintrag "Digitales Fax", Webseite "eFAX A-Z",

<https://www.efax.de/efax-a-bis-z/digitales-fax>, Abruf 8. Juni 2021

438 https://www.einstein-website.de/z_biography/einstein1930.mp3

Im Englischen bedeutet *to ground* "die Anfangsgründe beibringen". Medienarchäologie versteht unter diesen *archai* nicht primär die historischen sondern die elektrotechnischen (respektive technomathematischen) Wurzeln.

Die signalarchäologische "Erdung" von Theoremen in konkreten technischen Verhältnissen (etwa als elektrisches Bezugspotential in Stromlaufplänen) ist ein ebenso konkreter wie buchstäblich "radikaler" Imperativ techniknaher Medienwissenschaft. Medienwissenschaftliche Analyse bezieht sich nicht auf Objekte allein, sondern deren Prozesse im im Sinne wohldefinierten Sinne.⁴³⁹ "Wir nennen ein Problem wohldefiniert, wenn es einen Test gibt, der auf eine vorgeschlagene Lösung angewendet werden kann."⁴⁴⁰ Der Test technischer Medien ist ihr Vollzug - und zwar nicht (nur) als Gedankenexperiment (Turing's mathematisch-symbolische *computation*, sowie Peirce's "diagrammatische Ikonizität"), sondern im MateRealen als tatsächliches *computing*.

Gerade die diskurslastige sogenannte "Digitalisierung" verlangt nach einer technischen "Erdung" ihrer Argumentation. Die Frage nach dem Logos technischer Ereignisse (d. h. materielle Dinge ebenso wie ihr energetischer Prozess) wird in den Geisteswissenschaften zumeist als eher abstrakte Metatheorie diskutiert, während die konkrete Erkundung technischer Details den Ingenieurwissenschaften vorbehalten bleibt, denen es - im Gegenzug - dann zumeist der medienepistemischen Reflexion ermangelt. Medienarchäologie - im Sinn der "techniknahen Analyse" als Signatur der "Berliner Schule" von Medienwissenschaft versteht sich vielmehr als relativische Verschränkung "beider Kulturen" (Snow), wie es der Informatiker Karl Ganzhorn einmal als "Ingenieurwissenschaften des Geistes" auf den Punkt brachte.⁴⁴¹ Medienwissenschaft, das sind geisteswissenschaftliche Erkenntnisfragen gekoppelt an technik- und naturwissenschaftliches Wissen.

[Die Umbenennung der damaliger Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin zur "Humboldt-Universität" in der frühen DDR zielte auf beide Hinsichten. Die Gebrüder Humboldt personifizieren *nolens volens* die "zwei Kulturen" aus Natur- und Geisteswissenschaften; ihre Namen stehen für die Dichotomie der akademischen Universität - welche die hiesige "Berliner Schule" von Medienwissenschaft wieder "aufhebt".]

439 Siehe W. E., *Umbrella Word* oder wohldefinierte Disziplin? Perspektiven der "Medienwissenschaft", in: MEDIENwissenschaft: Rezensionen | Reviews, Jg. 17 (2000), Nr. 1, 14-24

440 John McCarthy, Die Inversion von Funktionen, die durch Turingmaschinen definiert sind, in: Shannon / ders. (Hg.) 1974 [AO 1956], 205-210 (205)

441 Ganzhorn 1986

Der medienarchäologische Primat der "Erdung" aller Datenverarbeitung im tatsächlichen Signalraum ist nicht metaphorisch, sondern konkret gemeint. "Erdung" ist zunächst ein elektrotechnischer Begriff und bezeichnet den Anschluss eines elektronischen Geräts an ein Bezugspotential ("Masse"), also die Ableitung der Analyse aus dem Signalfluss. Zugleich stellt die "Erdung" auch einen technikphilosophischen Begriff im Sinne Heideggers dar. Darüber hinaus steht die "Erdung" auch für eine medienwissenschaftliche Methode - die Medienarchäologie -, welche darauf insistiert, nicht schlicht intransitiv und deduktiv technische Medien zu illustrativen Gegenständen und exemplarischen Themen schriftlicher Texte zu machen, sondern diese Diskussion umgekehrt transitiv aus den innertechnischen Gegebenheiten - in konkreten Fallstudien also - ableitet, transitiv und induktiv.

Eine radikal medienarchäologische Analyse zum Zwecke der Erdung des konkreten Erkenntnisfunken ist von daher sowohl in *technical reports* (Nick Montfort) wie im *close reading* der tatsächlichen Schaltungen verortet, buchstäblich logo-technisch. Dazwischen schiebt sich im Reich algorithmischer Mechanismen die Code-Philologie von Software.

Die populäre Musik kennt die Kunst des "live coding" von Algoave-Parties. Das Publikum respektive Auditorium verfolgt hier "musicians programming live on stage as if they were playing musical instruments"⁴⁴².

War Geometrie (kulturtechnisch einst die Erd- und Landmessung) die anschauliche Form von Mathematik und Logik im Unterschied zu ihren algebraischen Ausdrücken, wird sie nun als operative Diagrammatik elektrotechnisch verdinglicht und geerdet. Realer als die blosse Zeichnung oszilliert sie zwischen dem symbolischen Blockschaltbild und der tatsächlichen (heute zumeist hochintegrierten) Schaltung.

Medientheorien werden hiermit nicht intransitiv als Rede *über* Medien verstanden, sondern als solche Erkenntnisfunken und Einsichten, wie sie in der konkreten ingenieurstechnischen respektive programmierenden Auseinandersetzung *mit* Medienbausteinen emergieren. Die medienwissenschaftliche Aufmerksamkeit gilt damit nicht nur jenen Denkern, welche überhaupt erst die Frage nach der Technik stellen (Heidegger), sondern privilegiert auch jenen, die sich mit konkreten technischen Dingen (Hardware und Prozesse) auseinandersetzen (Simondon, McLuhan, Kittler).

442 Eduardo Reck Miranda / James L. Weaver, Introduction to Quantum Computing for Musicians, in: Eduardo Reck Miranda (ed.), Quantum Computer Music. Foundations, Methods and Advanced Concepts, Cham (Springer) 2022, 1-20 (18)

Die wirklich medienarchäographische Argumentation spricht *im Medium* (technikimmanent) - auf der Ebene (und in den elektrotechnischen Termini) des tatsächlichen Signalgeschehens im Computer als energetisch getriggert Hardware, quasi aus der Sicht (Wahrnehmung) eines Elektrons.

"Erdung" ist damit ein für das Selbstverständnis der hiesigen Medienwissenschaft, und ein besonders für die Methode der Medienarchäologie, charakteristischer Begriff. Denn einerseits hat er einen technisch präzisen Sinn in der Elektrotechnik als der (derzeit noch) dominanten Bedingung hochtechnischer Operationen: die Ableitung elektrischer Spannungen in den Erdboden.

"Sie kann entweder absichtlich oder zufällig" - etwa in Form des Blitzschlags -, "sowohl natürlich als auch technisch erfolgen."⁴⁴³ Damit ist zugleich die Frage angesprochen, in welchem Verhältnis physikalische zu technischen - oder gar hochtechnischen, techno-logischen - Medien stehen. Geht mit der erdgeschichtlichen Epoche des "Anthropozän", in der erstmals der kulturelle Eingriff in der Natur nachhaltige Spuren hinterläßt, die Digitalisierung im Bereich der "Noosphäre" (Teilhard de Chardin) einher?

- *anzeichnen*: Erdungssymbol; zugleich Hinweis auf die erweiterten "Schriften" der Medienwissenschaft: operative Diagramme, Schaltungen, mathematische Formeln, Programmiercode

Zuallerst dient die Erdung dem elektrophysikalischen Blitzschutz von exponierten Antennen, bevor sie zum Thema der eigentlichen Medientechnik wird. Legendär ist die entsprechende Ansage der ersten Rundfunksendungen. Im klassischen Rundfunk (Radio, Fernsehen, besonders bei Sendeanlagen für Langwelle, Mittelwelle und Längstwelle) erforderten Antennen "besonders bei großen Wellenlängen der zu sendenden oder zu empfangenden Funkwellen eine Erdung, um ihre Funktion zu verbessern."⁴⁴⁴ Bei Audioverstärkern und -signalquellen dient die Erdung dazu, "über elektrische Störfelder empfangene Störsignale zu vermeiden, indem deren metallene Gehäuse miteinander und mit dem Erdpotential verbunden werden." Auch Computer "besitzen oft eine galvanische Verbindung der Signalmasse mit dem Schutzleiter des speisenden Netzanschlusses, um Störeinstrahlung oder Störabstrahlung zu verringern" (ebd.).

443 Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Erdung>, Abruf 19. Oktober 2022

444 Webseite "*EnergieMarie*", <https://de.wikipedia.org/wiki/Erdung>, Abruf 4. April 2020

"Erde" bezeichnet in der Elektrotechnik zum einen das Erdreich selbst, aber ebenso "das elektrische Potential des leitfähigen Erdreichs"⁴⁴⁵. Daneben ist jedoch die "Erdung" ein Begriff, der neben seinem Verständnis in der Elektrotechnik ebenso auf die Technikphilosophie verweist, konkret die "Frage nach der Technik" von Seiten Martin Heideggers in ihrer Insistenz auf dem In-der-Welt-Sein abstrakter Terme, und damit den technisch-epistemischen Doppelcharakter wissenschaftlicher Medienanalyse andeutet.

"Urszenen" der Digitalisierung

Medienarchäologische Analyse setzt jenen phänomenologischen Momenten, in denen sich Medien Menschensinnen offenbaren, Einsichten in deren innertechnische Kehrseite - oder zumindest eine "alien phenomenology" (Ian Bogost) - beiseite. Vor allem hinsichtlich eines Kernthemas in der aktuellen Medienkultur, nämlich der Praktiken der "Digitalisierung", bedarf es - so die These der hiesigen Medientheorie - einer medienarchäologische "Erdung". *Nota bene*: Unter Medien sollen hier nicht jene Kommunikationsformate verstanden werden, die gemeinhin mit publizistischen "Medien" bis hin zu den sogenannten Social Media assoziiert werden, sondern jene technischen Dinge (Hardware) und Un-Dinge (Software), welche buchstäblich die *Bedingung* solcher Diskurse darstellen.

Die medientheatralischen (Ur-)Szenen, welche medienarchäologisch freigelegt werden sollen, können daher bisweilen als jene konkreten Technologien verstanden werden, die im hiesigen Medientheater konkret in Szene gesetzt werden - nicht in ihrer hochkomplexen Ausdifferenzierung, wie es anderen Fachwissenschaften wie der Mikroelektronik oder der Informatik ziemt, sondern in ihren prinzipiellen (*en arché*) medien"archaischen" Formen: etwa das elektromagnetische Relais als die "Urszene" digitaler Schaltungen. Erst unter Anlegung einer Stromspannung, mithin also operativ, läßt sich ein solches Artefakt als techno-logisches Ding im Medientheater buchstäblich in Szene setzen.

Demonstrationsobjekt(e) (MAF): elektromagnetisches Relais; dazu entsprechende Einträge im *Katalógos*

Den roten Faden der vorliegenden Argumentation stellt im Sinne dieser konkreten Verkörperung eines *bit* das Dauerthema "Digitalisierung" dar, das zu reflektieren zu den Hauptanliegen der Ausbildung in der gegenwärtigen Medienwissenschaft zählt. Als Methode für eine techniknahe Analyse wird die Medienarchäologie gewählt, welche den Phänomenen und Praktiken der sogenannten Digitalisierung

445 Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Erdung>, Abruf 19. Oktober 2022

buchstäblich "auf den Grund" geht, um nicht zu sagen: sie "erdet" - sowohl im elektrotechnischen, wie technikphilosophischen Sinn (Martin Heidegger). Diese Methode versteht sich als Form einer "radikalen" wissens- und technikarchäologischen Erkundung von Medien, und soll zugleich exemplarisch an genuin medienwissenschaftliche Denkweisen heranzuführen, insbesondere an diejeniger der techniknahen Medienwissenschaft "Berliner Schule".

Techno-logische Konkretisierung: Zum Neologismus "phygital"

Der Neologismus "phygital" meint eine Verschmelzung, ein asymmetrisches Hybrid: das "merging of the physical and the digital" (Gabrys) - oder doch nur eine relativische Verschränkung von Logos und Materie? "Entstanden ist das Kunstwort in der Marketingbranche, etwa von Seiten der Telekom, primär für ein neues Einkaufserlebnis gegenüber der reinen virtuellen Realität. Der Begriff ist damit weitgehend synonym mit Industrie 4.0 sowie Augmented Reality.⁴⁴⁶

Indessen affirmiert dieses Koffer- respektive Schachtelwort die Metaphysik einer der physikalischen Welt enthobenen, immateriellen "Digitalität". So entströmen den Mobilfunk-Antennenwäldern nicht etwa Nullen und Einsen, wie es die Telekommunikationsbranche in ihren Werbebildern suggeriert, sondern elektromagnetische Impulse. Nichts aber ist physikalischer als die Existenzweise elektromagnetischer Wellen - womit auch die Welt des "New Radio" (5G) als *media environment* kaum weniger physikalisch ist als die Natur selbst (und Technik damit vielmehr eine Rekursion von Natur als sie selbst darstellt). Gerade in der Epoche des Verschwindens von Radio als Massenmedium des 20. Jahrhunderts ist damit mehr "Radio" (im technischen Wortsinn) denn je.

Indessen ist schon der Begriff des elektromagnetischen Spektrums eine Logifizierung der physikalischen Welt, nämlich ein Wechsel zugunsten der Sprache der Technomathematik, konkret: zur Spektralanalyse im Anschluss an Fourier.

[In der Physik meint das Spektrum die Verteilungsfunktion einer physikalischen Größe, und das Frequenzspektrum die Zusammensetzung eines Signals aus diversen Frequenzen.⁴⁴⁷]

446 Lukas Böhl, Eintrag "Physisch + Digital = Phygital", Webseite StN.de, 20. Dezember 2019, <https://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.phygital-definition-mh5d.7e41e543-6516-4fc7-befa-559404a254b3.html>, Abruf 24. September 2022

447 Online-Enzyklopädie Wikipedia, Eintrag "Spektrum", <https://de.wikipedia.org/wiki/Spektrum>, Abruf 24. September 2022

Tatsächlich scheint in einer Welt eingebetteter Sensoren die physikalische Welt mit dem "digitalen" rechnenden Raum zu verschmelzen, etwa im Umwelt-*monitoring*. Bedrohte biologische Wälder werden hier mit Funkantennenwäldern zur Übertragung dichter Sensoren-Datenerfassung durchsetzt - dem "Internet of Nature".⁴⁴⁸ Doch meint ein Begriff wie "smart forest" die technophänomenologische Wahrnehmung natürlicher Prozesse durch A/D-wandelnde Sensoren, oder verschiebt sich - analog zur *Technólogos*-Hypothese - der Fokus in den *Biólogos* der organischen Materie selbst?

Es gehört zu den fortdauernden Ambitionen von Medienwissenschaft, sich nicht nur aus ihrer Perspektive an dominante externe Diskurse wie etwa die Klimakrise anzuhängen respektive reflexhaft auf diese bloss zu reagieren, sondern demgegenüber ihrerseits wieder diskurstiftend zu agieren. Es war Marshall McLuhan, der sehr früh die neue Welt elektromagnetischer Medien als eine neue Form von "Umwelt" (*environment*) definierte. Hier kippt das, was einmal eine kulturtechnische Ausweitung (*extension*) der natürlichen Welt war, in eine Existenzweise nach eigenem Recht - zumal mit 6G als Allianz von sensorgenerierten *big data* und Künstlicher Intelligenz (Machine Learning).

Die Definition technomathematischer Intelligenz als "widernatürlich" bedarf einer epistemologisch sorgfältigen Diskussion. Georg Klaus weist auf die "ersten Entwicklungen mathematischen Denkens"⁴⁴⁹ - mithin ihre *arché* - als Resultat eines Klimawandels hin, der nicht zu einer Katastrophe der Menschheit, sondern zur Emergenz von Kultur(techniken) als epistemischer Qualität resultierte: "Sowohl in den Randgebieten des Niltals als auch in den Steppengebieten des Zweistromlandes wurden die Nomaden durch einen säkularen Austrocknungsprozeß, der auf eine Klimaänderung zurückzuführen [...] ist, gezwungen, in die sumpfigen Flußtäler hinunterzusteigen, die sich bis dahin einer menschlichen Besiedlung unzugänglich gezeigt hatten. [...] Die Entwässerung der Sümpfe, das Anlegen von Kanälen, der Dammbau zur Bändigung des Flusses [...]" (Klaus ebd.) sind Kulturtechniken, die in der messtechnischen Emergenz der Geometrie gipfelten, als "die

⁴⁴⁸ Ein Begriff von Nadina Galle (<https://www.nadinagalle.com/ion>), zitiert im Eröffnungsvortrag von Jennifer Gabrys zur Konferenz *Forests of Antennas, Oceans of Waves. An Exploration of Art and Theory in Electromagnetic Urban Environments*: "The Future is Phygital: 5G in Smart Cities and Smart Forests", Museum für Kommunikation, Berlin, 23. September 2022

⁴⁴⁹ Georg Klaus, Über einige philosophische Fragen der Mathematik und der Naturwissenschaften, in: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Friedrich-Schiller-Universität Jena*, Jg. 1952/53, 21-36 (26)

Rekonstruktion der Grenzen der Felder nach den Überschwemmungen"⁴⁵⁰.

"Auf dieser materiellen Grundlage entwickelten sich die ersten mathematischen Bedürfnisse." Zwar liegt hier ein wesentlicher Unterschied "in der Herausbildung algebraischen Denkens" (ebd.), doch eine materialistische Analyse führt auch dies auf das babylonische Kalkulieren von und mit diskreten Elementen, zurück: "Additionen und Kombinationen von Backsteinen" (ebd.). "Diese finitistische Struktur wird unmittelbar aus einer Reihe sumerischer Schriftzeichen sichtbar. [...] Lehm und Ton, die gewissermaßen die Ursubstanz der materiellen Häuser, Mauern usw. sind, tragen offensichtlich - und das ist eine" - materialistische, zeichenoperative - "Vorwegnahme der pythagoreischen Zahlenphilosophie - ihre 'backsteinige' Struktur bereits in sich. Es handelt sich also nicht um eine Erzeugung des Backsteins durch Menschenhand, sondern um eine Herausarbeitung des an sich im Lehm und Ton bereits vorhandenen Backsteins" - als realsymbolischer, signalphysikalischer *Technológos*.

Mit dem Phigitalen verbunden ist in diesem Sinne eine medienepistemische Verschiebung von der bislang dominanten anthropozentrischen Mensch-Maschine-Kommunikation hin zur genuinen Maschine-zu-Maschine-Kommunikation, wie sie unter dem Stichwort Industrie 4.0 aufgrund der Möglichkeitsbedingung breitbandiger Echtzeit-Datenübertragung (5G-Standard) zur Realität wird.

Mit ubiquitärer Digitalisierung leben wir nicht mehr nur in einer technischen, sondern strikt technologischen Welt: "Es ist eine Welt der Maschinen *und* Kalküle"⁴⁵¹, mithin: *téchne* und *lógos*. Insofern Technologie damit nie einen "reinen" Geist implementiert, gehen mit der unvordenklichen Verschränkung von Logos und Materie Friktionen einher, mithin als "Getriebe, Geräusche, Werke und Transmissionen" (Bense ebd.). Zuse nannte seine (elektro-)mechanische ALU noch "Rechenwerk", und Babbage schrieb für die Analytical Engine von der *mill*.

Oder mit Heidegger formuliert: Technologien sind die Szene, auf welcher sich die Verschränkung von Geist und Materie - von Symbolmanipulation und physikalisch Realem respektive Energie - erst entbirgt. Dem Menschen wird damit einsichtig, "daß seine technische Welt keine Wand

450 Klaus a. a. O., 27. In diesem Sinne argumentiert auch Edmund Husserl, *Die Krisis der europäischen Wissenschaft und die transzendente Phänomenologie. Eine Einleitung in die phänomenologische Philosophie*, hrsg. v. Elisabeth Ströker, Hamburg (Meiner) 2. Aufl. 1982 [*1936]

451 Max Bense, *Technische Existenz* [1949], in: ders., *Ausgewählte Schriften Bd. 3: Ästhetik und Texttheorie*, h. v. Elisabeth Walther, Stuttgart / Weimar (Metzler) 1998, 122-146 (122, Kursivierung W. E.)

ist, die ihn von der Natur trennt, sondern eine Brücke, auf der sich Natur und Geist beegnen [...]."⁴⁵²

Der Begriff "phygital" lenkt als blinder Fleck davon ab, in welchem Maße das Digitale selbst schon (elektro-)physikalisch ist, als Verkörperung des Logos (digitale Software) in / als Hardware: "Es gibt keine Software" (Kittler), und dementsprechend ist erst die nicht supplementäre, sondern primordiale Verschränkung von Algebra und / als Elektrophysik mithin wirklich "phygital". Gegenüber einer (ihrerseits "logozentristischen") Algebraisierung von physikalischer Materie und Energie steht damit das gleichursprünglich Logophysikalische - "computing otherwise" (Gabrys).

Eng damit verbunden ist das Konzept von *unconventional computing* (Andrew Adamatzky) als Renaissance des Analogcomputers in der Epoche der (Post-)Digitalisierung.

UNZEIT DER DIGITALISIERUNG

Techniknahe Arbeit am Begriff der "digitalen Transformation": der "Datenstrom" - Metapher oder technische Faktizität?

Die sogenannte "digitalen Transformation" ist zur diskursiven Begriffsmünze geworden; diverse Staaten haben dafür gar eigene Ministerien eingerichtet. Im praktischen Einsatz ist "Digitalisierung" etwa in der Bewahrung von medientechnischem Kulturgut, wie die Überführung von DEFA-Filmen aus dem Speichermedium Zelluloid in symbolische Datensätze - zunächst zum Zweck ihrer Sicherung für die kulturelle Überlieferung, sodann auch zugunsten ihrer Versandbarkeit über *streaming media* in private Haushalte inmitten pandemiebedingter Ausgangssperren.

An dieser Stelle lohnt die Achtsamkeit gegenüber technischen Metaphern. Auch ein multimedialer Datenstrom bleibt auf der innertechnischen Ebene radikal zeitdiskret. "Treat time as discrete", lautete einer der Kerndefinitionen des Digitalcomputers von Seiten Alan Turings.

Für "die gleichzeitige Übertragung und Wiedergabe von Video- und/oder Audiodaten über ein Rechnernetz per Datenstrom" gilt ein Inhalt als

⁴⁵² Hermann Schmidt, Regelungstechnik. Die technische Aufgabe und ihre wirtschaftliche, soziologische und kulturpolitische Auswirkung, in: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 85, Nr. 4 (1941), 81-88; Wiederabdruck in: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 6, Beiheft, Quickborn b. Hamburg (Schnelle) 1965, 3-34 (32)

stream, wenn er "in Echtzeit stattfindet, als Livestream"⁴⁵³ - mithin ein Oxymoron, eine semantische *remediation* der prinzipiell nie verzögerungsfreien digitalen Datenübertragung mit der (im physikalischen Sinne) Echtzeitigkeit der Übertragung elektronischer "AV"-Signale im *live*-Modus. "Im Gegensatz zum Herunterladen (Download) ist das Ziel beim Streaming nicht, eine Kopie der Medien beim Nutzer anzulegen, sondern" - auch als Umgehung des medienrechtlichen Kopierverbots im Webradio oder aus Mediatheken, unter YouTube oder in der Videotelephonie - "die Medien direkt auszugeben, anschließend werden die Daten verworfen" (ebd.).

Die medienarchäologische Problematisierung vollzieht einen analytischen Krebsgang, der technische Beschreibungen als Intervallschachtelungen auffasst und "tiefenbohrt". Beispielhaft steht dafür im vorliegenden Zusammenhang der Begriff des Datenstroms: "Mit Datenströmen (englisch data streams) bezeichnet man in der Informatik einen kontinuierlichen Datenfluss von Datensätzen, dessen Ende meist nicht im Voraus abzusehen ist; die Datensätze werden fortlaufend verarbeitet, sobald jeweils ein neuer Datensatz eingetroffen ist. Die einzelnen Datensätze sind dabei von beliebigem, aber festem Typ. Die Menge der Datensätze pro Zeiteinheit (Datenrate) kann variieren und evtl. so groß werden, dass die begrenzten Ressourcen zur Weiterverarbeitung nicht ausreichen und der Empfänger entsprechend reagieren muss (z. B. verwerfen von Datensätzen). Im Gegensatz zu anderen Datenquellen können Datenströme nur Satz um Satz fortlaufend verarbeitet werden - insbesondere ist im Gegensatz zu Datenstrukturen mit wahlfreiem Zugriff (wie z. B. Arrays) meist nur ein sequentieller Zugriff auf die einzelnen Datensätze möglich."⁴⁵⁴

Zudem erweist sich hier, wie der vormalig gesellschaftsorientierte Kommunikationsbegriff ins Innertechnische wandert: "Datenströme werden häufig zur Interprozesskommunikation verwendet (Kommunikation zwischen Prozessen auf einem Rechner) sowie zur Übertragung von Daten über Netzwerke, insbesondere für Streaming Media"⁴⁵⁵, etwa Wetterdaten sowie Audio- und Videoströme. "Digitale Videodatenströme sind nochmals komplexer aufgebaut als digitale Audiosignale. Es werden nicht nur das Audio- und das Bildsignal übertragen, sondern noch die zusätzlichen Informationen wie die Austast- und Synchronisationsimpulse in den Datenstrom mit eingebaut"⁴⁵⁶; die Grenzen zwischen Signalen und Metadaten verschwimmen im gemeinsamen (Zeit-)Datenraum der Komputation (im Sinne der von-

453 Eintrag "Streaming Media",

https://de.wikipedia.org/wiki/Streaming_Media, Abruf 13. November 2022

454 Eintrag "Datenstrom", <https://de.wikipedia.org/wiki/Datenstrom>, Zugriff 13. November 2022

455 <https://de.wikipedia.org/wiki/Datenstrom>, Zugriff 13. November 2022

456 <https://de.wikipedia.org/wiki/Abtastrate>, Abruf 17. August 2022

Neumann-Architektur diskreten Komputierens), also nach der Logifik(a)tion der analogen Signalwelten.

[Demgegenüber war der Synchronisationsimpuls noch elektro-physikalisch gleichursprünglicher Bestandteil des analogen BAS-Fernsignals. An dieser Stelle stellt sich die Frage nach der verbalen Beschreibung technischer Prozesse, insofern diese Artikulation immer schon außerhalb der technischen Signal- und Hardwarewelten bleibt. Inwiefern handelt es sich in der Ekphrasis überhaupt noch nach einer "Analogie" zur Wahrheit der technischen Welt? Eine transitive Rede, oder aber: eine Rede von Seiten der Technologie selbst wäre die Alternative, welche die Technik selbst zur Sprache respektive Argumentation kommen läßt, techno-logisch, oder auch als medien(archäo)logisches Diagramm, gleich der Algebra im Sinne von Peirce.]

Streaming bezeichnet gemeinhin die kontinuierliche Übertragung von Daten über ein Netzwerk; indessen liegt die Kontinuität hier vielmehr in dichten periodischen Abfolgen. Das Digitale kennt keine Kontinuität, sondern ahnt sie nur noch; an die Stelle von Signalen rücken diskrete Impulse als deren Verdichtung zum binären Extrem, welches den technologischen Anschluss, nämlich als Modellierung des Numerischen, (in Grenzen) gestattet, und damit den qualitativen Sprung von der (Elektro-)Technik zur wahrhaftigen Techno-Logie.

Nicht strömende, sprich: "statische Daten liegen in der Regel strukturiert abgespeichert vor, oft als Tupel" - also geordnete Mengen - "von Werten in Relationen in einer Datenbank. Sie sind begrenzt und nicht zeitlich geordnet. Die Daten in Datenströmen besitzen dagegen eine geordnete zeitliche Reihenfolge und können praktisch unbegrenzt auftreten"⁴⁵⁷ - Turings "unendliches Band"? "Das (umkehrbare) Umformen strukturierter Daten in eine datenstromartige Aneinanderreihung" wird von daher als Serialisierung bezeichnet (ebd.). McCulloch hat darauf hingewiesen, dass diese Verzeiträumlichung eine Basisoperation neuronaler Mustererkennung von Invarianten ist.⁴⁵⁸

Das Konzept von Datenströmen geht bis auf das 1964er Dartmouth Time-Sharing System zurück und wurde 1972 in das Betriebssystem Unix integriert. "Dabei handelt es sich um eine Datenverbindung zwischen zwei Prozessen nach dem FIFO-Prinzip"⁴⁵⁹ - ein aus der Lagerverwaltung entstammender Begriff von *first in, first out*-Warenlieferungen. Medientheorie erinnert hier an die Geburt der nicht-publizistischen

457 <https://de.wikipedia.org/wiki/Datenstrom>, Zugriff 13. November 2022

458 Walter Pitts and Warren McCulloch, Wie wir Universalien erkennen: die Wahrnehmung visueller und auditiver Formen, in: Warren S. McCulloch, Verkörperungen des Geistes, Wien (Springer) 2000, 47-66

459 <https://de.wikipedia.org/wiki/Datenstrom>, Zugriff 13. November 2022

Medienwissenschaft Marshall McLuhan saus dem Geist der Wirtschaftsgeschichte (Harold Innis in Toronto).

Zeit wird hier zur medienökonomischen (*strictu sensu*) Ressource: "Typische Probleme bei der Verarbeitung von Datenströmen sind große Datenmengen in kurzer Zeit und die begrenzten Ressourcen, die zu ihrer Verarbeitung zur Verfügung stehen, da die eingehenden Daten nicht alle zwischengespeichert werden können und immer nur ein Ausschnitt der Daten bekannt ist. Damit sind auch nur bestimmte Algorithmen möglich"⁴⁶⁰ - mithin also wird der (auf Mathematik reduzierte) *Technológos* hier von den Grenzen der Hardware her de-finiert. "Auch die zur Auswertung zur Verfügung stehende Zeit ist oft beschränkt, da zeitkritische Anwendungen schnelle Ergebnisse erwarten. Bei Systemen, die innerhalb einer garantierten Zeitspanne ein Ergebnis liefern, spricht man auch von Echtzeitsystemen" (ebd.).

An dieser Stelle meldet sich das techno-logische Apriori buchstäblich zu Wort (*lógos*): "Die vorrangigen Voraussetzungen, um Streams zu empfangen, waren eine starke CPU und eine ausreichende BUS-(Netzwerk-)Bandbreite für die erforderlichen Datenraten."⁴⁶¹ Hinzu kommt - als die "zwei Körper des Digitalen" - eine spezifische Software für den Empfang (etwa die MP3-, oder MPEG-Audio- respektive Videocontainerformate). Aus dem bislang eher passiven (respektive rauschanfälligen) Medienkanal wird damit ein aktiver: Um die Wiedergabe der Daten (nahezu) gleichzeitig mit dem Empfang stattfinden zu lassen, werden zu sendende Audio- und Videodaten "deshalb stets komprimiert. In den meisten Fällen sind die Inhalte verlustbehaftet komprimiert, da nur so eine übertragbare Datenmenge pro Zeiteinheit erreicht werden kann" - eine Diskretisierung oder Intervallisierung der Zeit selbst, als (Mikro-)Epochen des Digitalen; "außerdem liegt der Kompressionsfaktor weit über dem einer verlustlosen Kompression, ohne dass ein merklicher Qualitätsverlust eintreten würde" (ebd.) - ein allerdings anthropozentrisches, phänomenologisches Argument. Die ideologie- und "Kulturindustrie"-kritische Manipulationsthese der Mediensoziologie vom Typus "Frankfurter Schule" (Horkheimer / Adorno) geht somit in eine tatsächlich innertechnologische Manipulation des Signalstroms über.

"Beim Streaming werden die Daten nicht dauerhaft auf dem Gerät des Endnutzers gespeichert, es wird also keine bleibende Kopie angelegt und das Datenobjekt liegt zu keinem Zeitpunkt vollständig vor wie etwa beim Herunterladen in eine Datei. Nur so ist es überhaupt möglich, auf Endgeräten gestreamte Medien zu betrachten, die zu wenig

⁴⁶⁰ <https://de.wikipedia.org/wiki/Datenstrom>, Zugriff 13. November 2022

⁴⁶¹ https://de.wikipedia.org/wiki/Streaming_Media, Abruf 13. November 2022

Speicherplatz für das komplette Herunterladen der Datei besitzen, wie z. B. viele Smartphones."⁴⁶²

An die Stelle der urheberrechtlich problematischen Zwischenspeicherung von einzelnen Videoframes rückt eine "zeitkritische" Operation im Sinne der hiesigen Begriffsverwendung.⁴⁶³ Denn Gleichzeitigkeit ist hier nicht gegeben, sondern wird technisch erzwungen, als Gewalt der Synchronisation: "Um unterschiedliche Laufzeiten der Datenpakete im Netz auszugleichen und damit verbundene Stockungen zu verhindern, wird im Mediaplayer ein Puffer verwendet. Deshalb erfolgt die Wiedergabe auch leicht verzögert, typischerweise um 2 bis 6 Sekunden."⁴⁶⁴ Die übertragungstechnisch bedingten Verzögerungen bilden "Epochen des Digitalen" im mikrotemporalen - nicht historisch-epochalen - Sinn.

"Da Videodaten in aller Regel eine höhere Datenrate als Audiodaten haben, ist hier auch eine wesentlich stärkere Komprimierung erforderlich."⁴⁶⁵ Der Bindestrich in der Schreibweise des "Audio-Visuellen" wird hier in innertechnischer *alien phenomenology* (Bogost) zum Trennstrich umgedeutet.

Beim On-Demand-Streaming erfolgt die Wiedergabe "bereits während der Übertragung. Eine Zwischenpufferung für lückenlose Wiedergabe ist notwendig. Vor-, Zurückspulen und Pausieren" als grundlegende Operationen der Zeitachsenmanipulation sind "prinzipiell möglich" (ebd.), während im Live-Streaming zwar "ebenfalls die Bereitstellung des Angebotes in Echtzeit" erfolgt und damit die (im doppelten Sinne) anachronistische Begrifflichkeit der *live*-Übertragung unterläuft, doch "Vorspulen ist maximal bis zur aktuellen Live-Position möglich" (ebd.) - es sei denn als *linear prediction* der unmittelbaren Zukunft aus den aktuell einströmenden Daten. Der in der Physik thermodynamisch definierte Zeitpfeil wird im algorithmischen Zeitraum der (Zwischen-)Speicherung scheinbar suspendiert. Tatsächlich aber erfolgt auch die Aktivierung von Daten aus dem Speicher "one bit at a time" (von Neumann).

Das Stichwort Entropie verweist zugleich auf die Energiebilanz von *streaming media*. Im Rahmen der aktuellen Diskursverschiebungen vom Analogen hin zum Digitalen wirbt der Deutschlandfunk für DAB+ mit dem Argument, dass sich auf dem digitalen Übertragungsweg mehrere Kanäle

⁴⁶² https://de.wikipedia.org/wiki/Streaming_Media, Abruf 13. November 2022

⁴⁶³ Axel Volmar (Hg.), *Zeitkritische Medien*, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009

⁴⁶⁴ https://de.wikipedia.org/wiki/Streaming_Media, Abruf 13. November 2022

⁴⁶⁵ https://de.wikipedia.org/wiki/Streaming_Media, Abruf 13. November 2022

in *einem* Sendesignal kodieren lassen, als erhebliche Energieersparnis gegenüber separaten Antennen für jeden Kanal. Doch die Energiebilanz von terrestrischem, also antennenbasiertem DAB+ Radio zuungunsten von klassischem Analogradio erscheint gegenüber *streaming radio* über Internet in einem anderen Licht. Im Unterschied zur radialen *one-to-many*-Ausstrahlung, welche klassische Medientheorie zumeist kritisierte, werden Streaming-Media-Angebote mit wachsender Teilnehmerzahl für den Sender kostspieliger, denn die Daten werden an jeden Empfänger einzeln versandt.⁴⁶⁶

Auch die Digitalisierung einer akademischen Vorlesung zum Zweck ihrer Aufzeichnung, oder als Livestream unter Zoom, wie es unter den Bedingungen der Energiekrise für das Wintersemester 2022/23 von Seiten des Berliner Senats auch für Universitäten zumindest im Planspiel angedacht wurde, ist indessen mehr als ein bloß technischer Akt der Analog-zu-Digital-Wandlung, oder eine Frage der Energiebilanz, sondern ein Wesenswandel.

Der Technólógos der "großen Transkription"

Zweck einer ebenso kritischen wie techniknahen Medienanalyse ist die Notwendigkeit einer Bewusstwerdung, dass damit eine viel grundsätzlichere Transformation im Verhältnis von Mensch und Umwelt verbunden ist, als es der lediglich instrumentale Begriff der "Digitalisierung" suggeriert.

Schießt die aktuelle, die gesamte gesellschaftliche Kommunikation umgreifende Digitalisierung "hypertelisch" über ihr eigentliches - nämlich nachrichtentechnisches - Ziel hinaus, im Sinne der Technikphilosophie Gilbert Simondons⁴⁶⁷? In medienarchäologischer Ästhetik meint "Digitalverweigerung"⁴⁶⁸ die begründete Reserve, respektive ein Innehalten (eine *epoché*) gegenüber der unkritischen Beschleunigung der "Digitalisierung" in fast allen Bereichen des öffentlichen und privaten Leben, bei gleichzeitig passionierter medienepistemischer Faszination am Wissensobjekt des Digitalen.

Was gemeinhin gerne als "digitale Transformation" bezeichnet wird, ist buchstäblich eine "great transcription" (Erkki Kurenniemi) vormals heterogener gesellschaftlicher Subsysteme zugunsten dessen, was in der

⁴⁶⁶ Ein Argument unter https://de.wikipedia.org/wiki/Streaming_Media, Abruf 13. November 2022

⁴⁶⁷ Gilbert Simondon, Die Existenzweise technischer Objekte, Zürich (Diaphanes) 2012

⁴⁶⁸ Den Begriff der "Digitalverweigerung" verdankt der Autor einem zufälligen Gespräch am 29. April 2020 mit Annuschka Eckhardt an einer Bierbar in Berlin-Mitte

Sprache der Kybernetik und der Ingenieure von Nachrichtentechnik eine Gleichschaltung ist (*sit venia verbo*). Was ist nun der *Technológos* der "großen Transkription"? Tatsächlich meint diese Transkription techniknah den konkreten Akt der A/D-Wandlung, also die digitale Kodierung ansonsten "analoger" Signalwelten. Im engeren Sinne findet mit dem KI-Softwarepaket Transkribus dieser Prozess sein "inneren Objekt", nämlich als Handschriftenerkennung und deren Übersetzung in ein für Menschen lesbares Dokument von Seiten der Maschine.⁴⁶⁹

Während Medien- und Technikgeschichte zumeist Chronologien und Historiographien der Digitalisierung liefert, sucht Medienarchäographie den innertechnische Eigenzeit der Digitalisierung aufzuspüren, mithin ihre "Unzeit". Im zwiefachen Sinne erweist sich damit die sogenannte "Digitalisierung" als zeit-kritisch. Gerade die getaktete Operativität des Digitalcomputers steht mit einer neuen Form von Zeitvergessenheit im Verbund. Das technomathematische Kernereignis ist der bistabile Kippspeicher, in dem sich der *Technológos* der Digitalisierung konkretisiert.

Damit ist zugleich der methodische Unterschied zwischen Mediengeschichte und -archäologie aufgerufen. "[...] so richtig es ist, dass die digitale Technik nachhaltige und grundlegende Veränderungen herbracht hat [...], so irreführend ist die Deutung des digitalen Wandels [sic] als Zäsur: Tatsächlich ist die Digitalisierung eine sehr alte Kulturtechnik, die bereits der Entstehung der Alphabetschrift oder der Zahlensysteme zugrunde liegt, und in der Zivilisationsgeschichte auch vor der Erfindung binär rechnender Maschinen Spuren hinterlassen hat."⁴⁷⁰ Eine solcherart historisierende Annäherung an die "Digitalisierung" verpasst die Eskalation von (Kultur-)Techniken zu einem genuinen Begriff (und Praxis) von Digitalität als Technologie im buchstäblichen Wortsinn - die Unterscheidung von körpergebundenen Kulturtechniken und ihrer Auslagerungen als *Techniken* gegenüber genuinen *Technologien*.

Unter der "Epoche" der Digitalisierung wird damit nicht schlicht ein aktueller medienhistorischer Umbruch bezeichnet, der so einschneidend ist wie einst die Einführung des Vokalalphabets (kritisiert in Platons Dialog *Phaidros*) oder der Verbreitung des diese Schrift technisch eskalierenden respektive autonomisierenden Buchdrucks (welcher der Reformation Martin Luthers in ihrem Fokus auf *sola scriptura* zum Erfolg verhalf). Im altgriechischen Sinne meint die *epoché* vielmehr vor allem

469 Siehe Guenter Muehlberger et al., Transforming scholarship in the archives through handwritten text recognition. Transkribus as a case study, in: Journal of documentation, Bd. 75, Heft 5 (2019), 954-76

470 Aus dem Kommentar zum Seminar *Kulturgeschichte der Digitalisierung* von Stefan Münker, Masterstudium Medienwissenschaft HUB, Studienmodul Digitale Medien, Vorlesungsverzeichnis WS 2022 / 23.

eine Denkpause, ein medienepistemisches Intervall als momentanes Innehalten zur distanzierenden Reflexion und Ergründung der aktuellen drängenden Lage. Damit wird die "Epoche" von einem kulturgeschichtlichen zu einem genuin medientheoretischen Begriff.

Technische Basisoperationen wie die zeitdiskrete Abtastung zeitkontinuierlicher Signale in der A/D-Wandlung sowie die "Philosophie der PCM" in der Nachrichtenübertragung erweisen sich als *zeitigende* Medienhandlungen, welche rekursiv Kulturtechniken wie etwa die mechanische Räderuhr wieder aufrufen und techno-logisch eskalieren lassen. In diesem Zusammenhang ist der Vergleich europäischer Hemmwerke mit denen in anderen Hochkulturen, etwa Su Songs "Himmliche Waage" im mittelalterlichen China, epistemologisch erhellend. Digitales *computing* als (Zeit-)Funktion binärer Schaltung mündet in Alan Turings Anweisung "Treat time as discrete" ebenso wie in der chronopoetischen Emergenz einer "aufge(sc)hobenen Zeit" als Theorie technischer *Zwischenspeicher*.

Zwiefach zeit-kritische "Unzeit": Digitalisierung als Fort- oder schlicht als Zwischenschritt?

Der Begriff der "Unzeit" der Digitalisierung ist zwiefach zeitkritisch: einmal als Kritik der symbolisch-kulturellen Zeitordnung namens Mediengeschichte, und zum Anderen eine verschärfte medienarchäologische Aufmerksamkeit für "zeitkritische" Medienmomente, in denen mithin kleinste tempor(e)ale Ereignisse entscheidend sind für das Gelingen des Medienprozesses an sich.⁴⁷¹

[Buchstäblich *zeitprägend* aber wird Digitalisierung - passender: Algorithmisierung - im "temporal reasoning" von Recommender-Systemen (ebd.).]

Zumeist wurde die mit diversen "Lockdowns" einhergehende Digitalisierung von (Tele-)Kommunikation im Zuge der pandemiebedingten Krise 2020 / 21 geradezu jubilatorisch begrüßt. "Endlich digital" - von der Verwaltung bis hin zur Telemedizin, als habe die Ära der Technikgeschichte nur auf diese Vollendung gewartet (respektive auf die List technologischer Vernunft namens Corona-Virus mit ihren Folgen der realsozialen Distanzierung zugunsten von digitalisierter Telekommunikation), um fortan in die aionische Nachgeschichte (*posthistoire*) überzugehen.

Ganz allgemein wurden und werden technische "Neuerungen" - etwa die vokalphabetische Schrift in Altgriechenland, und der Buchdruck am /

471 Siehe Axel Volmar (Hg.), *Zeitkritische Medien*, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009

als Beginn der europäischen Neuzeit - technikgeschichtlich zunächst erst erschrocken als Verstörung und Bedrohung, dann jedoch als kultureller Fortschritt zugunsten der *wellness* und des Daseins von Menschheit empfunden. Ist dies eine reine Funktion narrativer Historiographie, oder im Zeitwesen respektive im Zeitwesen von Technologie selbst begründet? Ist hier ein Hegelscher Weltgeist namens technische Evolution am Werk, oder nicht vielmehr schlicht der Ersatz eines Paradigmas (Kuhn) respektive einer epochalen Episteme (Foucault) durch eine andere, womit kein qualitativer Fortschritt, sondern schlicht eine Andersartigkeit Platz greift? Tritt anstelle des Fortschrittsglaubens vielmehr ein Begriff der permanenten "Modernisierung" als Re(d)aktion des Technischen?⁴⁷² Oder handelt es sich gar um tetradische Rekursionen vergangener Medientechniken unter neukonfigurierten Bedingungen, welche die symbolische Zeitordnung namens Historie selbst unterlaufen (McLuhan / Kittler)? Der entropische Zeitpfeil tendiert zur Unordnung, der sich kulturelles Wissen zeitweilig negentropisch entgegenstemmt, als Erhöhung des Maßes von "Information". Das "Digitale" wurde in der Nachrichtentechnik eingeführt, um den Signal-Rauschen-Abstand in der Signalübertragung buchstäblich kalkulierbar zu machen und damit zu minimieren oder gar zu eliminieren. Digitalisierung meint hier Informatisierung im Sinne jener *Mathematical Theory of Communication* Shannons von 1948, welche stetige Signalprozesse diskret meßbar macht, indem sie die Anzahl von Ja / Nein-Entscheidung als binäre Metrik (und damit arithmetische Abzählbarkeit als *computability*) einführt. Ist dies ein evolutionärer Fortschritt, oder ist Medien"geschichte" nicht schlicht eine Serie von Ausdifferenzierungen? Aufgabe medienarchäologischer Analyse von Medienzeit ist es, demgegenüber anamnetisch Alternativen präsent zu halten.

"Auch wenn die neuen Technologien unzählige spannende Möglichkeiten eröffnen, dürfen wir uns nicht dem Irrglauben ergeben, dass alles vordefiniert sei [...]. Tatsächlich haben wir selbst es (noch) in der Hand, unsere Zukunft zu gestalten", heißt es in einer Online-Kolumne von Anders Indset, dem Autor des Buches *Quantenwirtschaft. Was kommt nach der Digitalisierung?*⁴⁷³ Indset verweist auf die emergierende Künstlichen Intelligenz und den Quantencomputer. Doch lassen sich diese noch medienarchäologische hand-haben, um der Black Box auf den Grund zu gehen? Was sich gegenwärtig im Zuge der ubiquitären "Digitalisierung" ereignet, ist nichts als die Vollendung der (ganz und gar nicht "historisierbaren") Kybernetik: In Schweden wurden viertausend

472 In Anlehnung an Jean-François Lyotard, *Das postmoderne Wissen*. Ein Bericht, 2. Neuauflage Wien (Passagen) 1993

473 Berlin (Econ) 2019;

<https://www.handelsblatt.com/meinung/kolumnen/expertenrat/anders-indset/expertenrat-anders-indset-was-kommt-nach-der-digitalisierung/23708272.html?ticket=ST-666483-HW24qc49ie6jDAM7edAs-ap3> (Eintrag 8. Dezember 2018), Zugriff 26. März 2021

Mitarbeiter eines Unternehmens mit Chips in der Hand ausgestattet, "um ihnen die Steuerung der smarten Maschinen zu erleichtern – oder vielleicht doch eher, um ihre Steuerung und Kontrolle durch die lokale Version von Big Brother zu optimieren?" (ebd.).

Hat die Logik der digitalen Quantifizierung eine zeitliche Richtung (entropischer Natur), oder ist sie als Emanation eines technomathematischen Grundgesetzes vielmehr ergodisch, d. h. invariant gegenüber "historischem" Wandel? Die Informationstheorie selbst verweist darauf, dass jeder Informationsgewinn als negentropischer Akt mit einer Erhöhung der Entropie des Gesamtsystems (und "Rebound-Effekten" respektive Nullsummenspiel) an anderer Stelle einhergeht (Szilard et al.), und Prigogine entdeckt Rekursionen im Verhältnis von Ordnung und Turbulenz. So ist auch die durch Digitalisierung verbesserte *signal-to-noise ratio* durch ein Rauschen ganz anderer Art erkauft, nämlich das Quantisierungsrauschen im Akt der Digitalisierung selbst.

"Future Computers Will Be Radically Different" verkündet ein Video im Youtube-Kanal "Veritasium", wo einem Analogkleinstrechner (dem THAT) ein medienepistemischer Mehrwert entlockt wird.⁴⁷⁴ Zugleich wird damit der Digitalcomputer, und die aktuell so inflationäre "Digitalisierung", im weiteren medienarchäologischen Horizont (der zugleich in Vergangenheit und Zukunft weist) geradezu in Klammern gesetzt (*epoché*).

Getaktete Operativität und die Zeitvergessenheit des Digitalcomputers

Der „analoge“ Phonograph erlaubte unter Umgehung des phonetischen Alphabets das Stimmereignis als tatsächliches Signal aufzuzeichnen, als Chronogramm des physikalisch-akustischen Ereignisses selbst. Zeitachsenmanipulation ist solchen Signalen gegenüber nur immediat möglich. Diskret gemachte Signalverarbeitung im elektronischen Schaltwerk erlaubt demgegenüber die mittelbare Manipulation an diesem Realen mit mathematischer Intelligenz. „Digitalisierung ist [...] ein Kurzschluß, der unter Umgehung alles Imaginären das Reale in seiner Kontingenz erstmals symbolischen Prozeduren auftut“⁴⁷⁵ - worauf Historiographie in alphabetischer Notation immer schon zielte, aber das Temporeale notwendig verfehlte.

Symbolisch geordnete Zeit als Funktion ihrer Digitalisierung stellt konzeptionell eine *Verunzeitlichung* welthaftiger Signale zugunsten des symbolischen Codes dar. Indem die gesampelten auditiven oder

474 <https://www.youtube.com/watch?v=GVsUOuSjvcg>

475 Friedrich Kittler, Fiktion und Simulation, in: Peter Gente / Karlheinz Barck (Hg.), Aisthesis. Wahrnehmung heute, Leipzig (Reclam) 1990, 196-213 (208)

optischen Signale ihrem „Referenten“⁴⁷⁶ nicht mehr nur nacheilen, sondern ihm – etwa in der Computergraphik, und seit Zeiten der Anti-Aircraft Prediction zum Ende des Zweiten Weltkriegs – durch technomathematische Algorithmisierung präemptiv vielmehr vorauslaufen, wird die Zukunft rechentechnisch eingeholt in das erweiterte Gegenwartsfenster namens „Gegenwart“ - das in der Computational Science längst „Echtzeit“ heißt. In digitalen Flugsimulatoren wie dem US-amerikanischen Whirlwind wurde Heideggers Begriff von der „Zeit des Weltbildes“ medientechnisch konkret.⁴⁷⁷

Technorealiter indes ist das zeitliche Momentum im Akt der Digitalisierung unhintergebar. Zunächst verzeitlicht das analog-zu-digital-Sampling (die Abtastung) ihre gemessenen Signale im Sinne der physikalischen Entropie, „denn jede Digitalisierung produziert Informationsverlust an der Nutzfrequenz“; demgegenüber „ist die quantisierte Computerzeit digitaler Daten selbst eine Art effektiver Nullzeit, weil Zeit, die nicht mehr vergeht“⁴⁷⁸.

Was sich auf den ersten Blick als medienphilosophischer Gemeinplatz liest, ist technologisch sowie innertechnisch konkret: „Im digitalen Sampling wird gerade der Zeitaspekt eliminiert. Das Quantisierungsrauschen tritt nicht durch die zeitliche Abtastung auf, sondern durch die Quantisierung im Wertebereich. Zu einem beliebigen Zeitpunkt t wird ein analoges Signal mit dem Wert $f(t)$ abgetastet, wobei $f(t)$ eine reelle Zahl ist. Dieser Wert wird nun quantisiert; dabei stehen je nach verwendeter *bit*-Tiefe nur endlich viele diskrete Werte zur Verfügung.“⁴⁷⁹

„Mathematischen Modellen und Turing-Maschinen“ - also der reinen Computation - „bleibt die Zeit äußerlich.“⁴⁸⁰ Elektromechanisch oder -technisch verkörpert („korpifiziert“, mit Lacan) ist das kleinste Element der Digitalisierung, das „bit“, in bistabilen Kippstufen. Die entropische Zeit ist darin aufgehoben: „Durch die beiden stabilen Zustände des FlipFlop bleibt eine einmal eingeschriebene Information so lange erhalten, wie die Versorgungsspannung anliegt.“⁴⁸¹ Erst der temporeale,

476 Siehe Roland Barthes, Die helle Kammer. Bemerkung zur Photographie [FO 1980], Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1985

477 Siehe Schröter 2004: 352

478 Wolfgang Hagen, Computerpolitik, in: Norbert Bolz / Friedrich Kittler / Georg Christoph Tholen (Hg.), Computer als Medium, München (Fink) 1994, 139-160 (144)

479 Elektronische Kommunikation Oswald Berthold, 12. Juni 2006

480 Martin Carlé, Seminarankündigung *Der Computer als zeitkritisches Medium*, Sommersemester 2004, Seminar für Medienwissenschaft, Humboldt-Universität zu Berlin

481 Gerd Thiele, Digitale Halbleiterspeicher, in: Elektronisches Jahrbuch für den Funkamateure 1988, Berlin (Militärverlag) 1987, 53

algorhythmisierte (Miyazaki) Verlauf von Signalen als diskrete Informationen „durch mathematische Modelle führt die Zeit als integrale und deshalb kritische Größe [...] ein“ (Carlé a. a. O.). Diese „Zeit“ aber ist keine stetige mehr im Sinne der Physik, sondern unstetig, eine technomathematisierte Diskretisation. Hinsichtlich der symbolischen Maschine aber mag „Zeit“ hier durch „Operativität“ ersetzt werden. Schrittweise Datenprozedierung (statt dem „analogen“ Prozeß der Signalwandlung) stellt eine eigen- respektive *entzeitlichte* Welt der Takte dar, die sich in ihren abrupten Still-Stellungen der physikalischen Temporalität entzieht.

Die aus der Digitalisierung resultierenden kleinsten Informationseinheiten („Bits“) sind keine statischen Gegebenheiten („Daten“), sondern Markierungen einer Unterscheidung, mithin Datierungen. Die Praxis der Digitalisierung ist „zeitkritisch“ im doppelten Sinne: eine alternative Zeitform, und zugleich eine Kritik, eine Herausforderung des phänomenologisch vertrauten Zeitbegriffs selbst. "Treat time as discrete", lehrt Turing zum Verständnis des Digitalcomputers. Doch die Diskretisierung der Bewegung, ihre äquidistante, mithin horologische Abzählung, generiert im Sinne der aristotelischen Definition überhaupt erst eine Abstraktion namens "Zeit" - *treating the discrete as "time"*, entsprechend umformuliert.

Horst Völz hat unter dem zunächst als Oxymoron erscheinenden Titel *Kontinuierliche Digitaltechnik* alternativ zur binären Quantisierung eine hochleistungsfähige Methode zur Digitalisierung von Signalen vorgeschlagen.⁴⁸² Völz' Ansatz sieht vor, das Sample als Element der analog-zu-digital-Wandlung komprimierungsökonomischer durch den Koeffizienten von Signalabschnitten zu ersetzen, also den jeweils konstanter Faktor vor einer veränderlichen Größe.

Die Vorstellung einer absoluten Zeit im wissenschaftlichen Sinne Newtons „folgt aus der *Änderung* von Objekteigenschaften, wie Ort, Größe, Gestalt, Masse usw. Diese Zeit kann – da sie selbst nicht zur Realität gehört – eigentlich nicht gemessen werden, sondern muss mit hochfrequenten Takten gezählt werden“⁴⁸³. Sie wird mithin *er-zählt* (im nicht-narrativen, sondern komputativen Sinn), und kommt durch Zählung erst zur Existenz. Von daher ist der Digitalcomputer nicht schlicht *in* der Zeit (im physikalischen Verständnis von Materie und Energie), sondern als symbolisch getaktete Maschine („treat time as discrete“, mit Turing) eine autonome Temporealität. Ein nicht bloß technisches, sondern techno-logisches Objekt dauert als ein und dasselbe auch bei Veränderungen in der physikalischen Zeit fort, veranschaulicht anhand des Philosophems von Theseus' Schiff, das schrittweise in seiner

482 Horst Völz, *Kontinuierliche Digitaltechnik. Eine neue hochleistungsfähige Methode zur Digitalisierung von Signalen*, Aachen (Shaker) 2008

483 Horst Völz, *Das ist Zeit*, Düren (Shaker) 2019, "Vorwort"

Materialität, nicht aber Formgebung ausgewechselt wird. Plutarch berichtet in seine Vita des mythischen Theseus, daß dessen Schiff in Athen generationenlang aufbewahrt wurde, indem sukzessive (also zeitdiskret-prozedural, nicht prozessual) vermoderte Planken daraus durch funktionstüchtige ersetzt wurden. Medienarchäologisch verbunden ist damit die Frage, ob ein technisches „Individuum“ (Simondon) seine Identität verliert, wenn viele oder alle seiner Einzelteile nacheinander ausgetauscht werden.⁴⁸⁴ Ein technologisches Äquivalent zum Theseus-Paradoxon ist das Verhältnis der Elektronenröhre zum Transistor, der eben nicht schlicht deren technikhistorische Evolution darstellt, sondern vielmehr ihr funktionales Äquivalenz bei grundverschiedener Materialität.

Während Publizistik und Kommunikationswissenschaft unter "Desinformation" in Printmedien, im öffentlich-rechtlichen Rundfunkmedien sowie in den internetbasierten *social media* einen qualitativen Nachrichtenwert verstehen und damit den nachrichtentechnischen Medienbegriff von der Technologie auf den Diskurs hin verschieben, erinnert Medienarchäologie dran, dass der eigentliche Zweck der Digitalisierung von Signalübertragung ein technischer war: die radikale Optimierung des Signal-Rauschen-Abstands im Nachrichtenkanal durch binäre Kodierung. Im Kern steht hier eine Intelligenzifizierung der Modulation; von daher verkündet auch Shannons Nachrichtentheorie von 1948 "A Mathematical Theory of Communication". Der aus der musikalischen Welt unscharf geborgte Begriff der Modulation (die Übersetzung einer melodischen Folge von einer Tonart in eine andere) ist zunächst übertragungstechnisch grundlegend für drahtlosen Rundfunk wie Radio und Fernsehen, nämlich - gleich der Triode in der elektronik den Vorgang, dass ein zu übertragendes niederfrequentes semantisches Nutzsignal (Musik, Sprache) einen technischen Signalträger verändert (moduliert) - zunächst zeitkontinuierlich (analoge Signale), dann zeitdiskret (digitale Impulse) für Daten als Nutzsignal. Doch nun der medientheoretische Sündenfalls zugunsten des publizistischen "Medien"begriffs: "Das Trägersignal selbst ist bezüglich der übertragenen Nachricht ohne Bedeutung."⁴⁸⁵ Tatsächlich aber dient die digitale Modulation Shannons Kalkül der Kanalkapazität als Anpassung an die zunächst rein physikalischen, dann auch logischen (Protokolle) Eigenschaften des Übertragungskanal.

Diese Kanalsoptimierung betrifft auch den „Zeitkanal“ namens Wissensüberlieferung. Für digitale Medien stellt sich die Frage, ob ein techno-logisches Objekt als ein und dasselbe auch bei äußerlichen Veränderungen in der Zeit in spezifischer Weise fort dauern kann. Eine heutige Replik der Difference Engine no. 2 von Charles Babbages im

484 Eintrag "Schiff des Theseus",

https://de.wikipedia.org/wiki/Schiff_des_Theseus, Abruf 31. Juli 2020

485 [https://de.wikipedia.org/wiki/Modulation_\(Technik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Modulation_(Technik)), Zugriff 11. Januar 2021

Science Museum London unterscheidet sich vom ursprünglichen Entwurf durch den historischen Kontext, verhält sich aber gleichursprünglich, nämlich funktionsäquivalent im Sinne der medientheoretischen Definition, daß die eigentliche Medieneigenschaft nicht im stationären Gefüge, sondern seiner Operativität liegt, im operativen Diagramm. Für Software kulminiert dies im Medienepistem der Emulation.⁴⁸⁶

Die tendentielle Invarianz symbolisch kodierten Wissens gegenüber physikalischem Verfall widerspricht negentropisch der vom „Sein zum Tode“ bestimmten Daseinsanalyse menschlicher Welt. Martin Heidegger thematisiert in § 6 von *Sein und Zeit* von die zum Sein gehörenden Zeit als 'Temporalität'.⁴⁸⁷ Ihr gegenüber steht die zum Dasein gehörende Zeitlichkeit; nennen wir sie für die Welt technischer Medien Temporealität. Um deren Charakter zu entsprechen, sucht Medienarchäographie *unzeitlich* von der 'Zeit' zu schreiben.

Für eine wirklich zeitkritische "Philosophie" der PCM

Analog-Digital-Umsetzer sind "wesentliche Bestandteile von Übertragungseinrichtungen für Sprache und Bilder [...] nach dem Zeitmultiplexverfahren der Pulscodemodulation (PCM)"⁴⁸⁸. Hier transformiert die Kulturtechnik des Zählens⁴⁸⁹ in den *Technólogos* des Computers als "Rechner". Radikal zeitkritische Medienarchäologie „raises the question of what counts as time, and to what / extent time – literally and metaphorically – counts.“⁴⁹⁰ Im Digitalcomputer – der Zeit als *diskret* verhandelt (Turing) – enttarnt sich kulturelle Zeit als Artefakt des Operativen.

Alec Harley Reeves' Pariser Patent von 1938/39 für ein „Electric Signaling System“ zählt – lange bevor Shannon seine allgemeine „Mathematical Theory of Communication“ publiziert (1948) – zu den Kandidaten der „Erfindung“ (oder im Sinne des *Technólogos*: Selbst“findung“) der Pulse Code Modulation als Nachrichten- resp. Informationstheorie. Einen Zusammenhang zwischen Reeves und Shannon stellt Hagemeyer explizit her⁴⁹¹ und diskutiert die Gretchenfrage des *Technólogos*, nämlich die

486 Siehe Swade 1992

487 Heidegger 1927 / 1967: 23

488 Seitzer 1977: 4

489 Dazu Siegert, in: Hiller / Höltgen (Hg.) 2019

490 Geoffrey Winthrop-Young, Hemerochronia, or, Take a Walk on the Wild Side of Time: Sidelines Snippets on Media Archaeology, in: *Journal of Contemporary Archaeology*, vol. 2, no. 1, 143-147 (146 f.)

491 Friedrich Wilhelm Hagemeyer, Die Entstehung von Informationskonzepten in der Nachrichtentechnik. Eine Fallstudie zur Theoriebildung in der Technik in Industrie- und Kriegsforschung, Diss. phil. (masch.) Berlin (Freie Universität, FB Philosophie u.

Vorgängigkeit von Theorie gegenüber einer denkbaren praktischen Applikation.

Ganz wesentlich entstammt die "digitalisierte" Denkart der diskreten Telegraphie (und dahinterliegend der alphabetischen Sprachanalytik), die auf den ersten Blick das Gegenstück zur "analogen" phonographischen Signalaufzeichnung darstellt. Auf den zweiten Blick aber wird von daher interessant, daß Edisons Erfindung eine Art Kollateraleffekt seiner Versuche zur Beschleunigung telegraphischer Zeichenübertragung darstellt.⁴⁹²

Interessant ist an Reeves' Verfahren, dass es zeitkritisch (im kommunikationstechnischen Sinne) ist, weil hier die Zeit, die zwischen den Amplitudenwechseln vergeht, buchstäblich "zählt". Digitalisierung in der Nachrichtenübertragung diene zunächst der signifikanten Verbesserung des Signal-Rauschen-Abstands und hat nicht primär mit der Booleschen Logik zu tun, etwa in SpuBiTo zur Wiedergewinnung von *lost sounds* durch Digitalisierung phonographischer Galvano-Zylinder. Hierbei folgt eine hochsensible Blattfeder dem Höhenprofil der "negativen" Tonspur. Das Tonsignal resultiert aus der zunächst noch "analogen" Messung der Blattfederdurchbiegung mittels eines induktiven Wegaufnehmers⁴⁹³. Dieses (seinerseits verstärkte) Sensorausgangssignal wird dann in 12 Bit Auflösung quantisiert, um dann in Form einer CD mit der Frequenz von 44,1 kHz "digital" abspielbar zu werden. Dieses triviale Verfahren wird erst nach der erfolgten Quantisierung mathematischer Intelligenz zugänglich, etwa in der Erfassung von 3D-Punkten im Galvano durch Stereo-Kameras: "„Der 3D-Punkt wird also durch ein überbestimmtes lineares Gleichungssystem beschrieben, das durch ein geeignetes numerisches Verfahren wie den Householder-Algorithmus fehlerminimierend gelöst werden kann."⁴⁹⁴

Sozialwissenschaften) 1979, Kap. 2.4.3.2 "PULS-CODE-MODULATION (PCM)", 262 ff.

492 Dazu der Beitrag von Sebastian Döring "Die Geburt des Telegraphen aus dem Geist der Signalübertragung", in: Institut für Medienarchäologie (Hg.), *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz (Schott) 2008

493 Dazu Gerd Stanke / Thomas Kessler, Verfahren zur Gewinnung von Tonsignalen aus Negativ-Spuren in Kupfernegativen von Edison-Zylindern auf bildanalytischem / sensoriellem Wege (SPUBITO), in: Artur Simon (Hg.), *Das Berliner Phonogramm-Archiv 1900-2000. Sammlungen der traditionellen Musik der Welt*, Berlin (VWB) 2000, 209-215

494 Tim Wöhrle, Vom Bild zum Ton. Die Wiedergewinnung historischer Tondokumente durch Bildverarbeitung, in: *Konferenzband EVA '97 Berlin*, Berlin (GFal) 1997,

<https://books.ub.uniheidelberg.de/arthistoricum/reader/download/222/222-17-77146-1-10-20170220.pdf>, 4

Dennoch zieht die Eigenlogik (wenn nicht gar der *Technológos*) dieser diskreten Abtastoperation stetiger Signale eine Hochzeit mit dem binären *computing* nach sich. Unabsehbar wissen technische (Er-)Findung mehr über ihre Potentialitäten, als es menschlichen Ingenieuren absehbar ist.

Signalnah gesprochen heißt dies: PCM vs. FM. Reeves erlangte seine Einsicht eher unwillkürlich; er wandte „Verfahren an, die er in den zwanziger Jahren bei der Entwicklung von elektronischen Zählvorrichtungen auf der Basis bistabiler Kreise genutzt hatte. Mit diesen konnten dann die Zeitabstände der Impulse gezählt werden und so – über den Umweg der Variablen Zeit – die Amplituden quantisiert und codiert werden. ‚Pulse Count Modulation‘ hieß die Reeve'sche PCM daher. Ein Patent wurde 1938 erteilt, –Komponenten und Bauteile für die praktische Durchführung aber existierten noch nicht.“⁴⁹⁵ (Zeit-)Wesensverwandt ist damit die genuine „Zeit der Digitalisierung“, nämlich die Kodierung der Differenzen aufeinanderfolgender Abtastwerte mit nur einem Bit.⁴⁹⁶

Eine entscheidende Rolle kommt im Medientheater der „Digitalisierung“ den Abtasthaltegliedern zu. „Abtasthalteglieder haben die Aufgabe, Abtastwerte, d. h. Stichproben aus einer über der Zeit kontinuierlich verlaufenden Spannung in Abständen, welche dem Abtasttheorem angepaßt sind, zu entnehmen und für eine Zeitdauer bis zur Entnahme der nächsten Stichprobe zwischenzuspeichern. Während der Speicherung kann eine Verarbeitung vorgenommen werden, z. B. Eine Analog-Digital-Umsetzung der vorliegenden Stichprobe.“⁴⁹⁷ Soweit die symbolische Ordnung digitaler Signalprozessierung. Demgegenüber interveniert das Reale: „Reale Bauelemente können diese Funktion nur unvollkommen erfüllen“ (ebd.), insofern sie „Fehler durch den Abtast- und Haltevorgang etwa vergleichbar mit den durch die Quantisierung verursachten Fehlern“ zeitigen“ (ebd.).

„Digitalisierung“ fügt sich keinem technikhistorisch evolutionären Narrativ, sondern ist eine Funktion kulturtechnischer Operationen. Das meint in ihrer medienarchäologischen Verwurzelung zunächst das Vokalalphabet als diskreter Notation stetiger Sprache (McLuhán), sodann die Telegraphie. Digitalisierung ist mithin allen „Analogmedien“ wie Radio und Fernsehen vorgängig. Die für „digitale“ Nachrichtentechnik gängige Puls-Code Modulation ist zuallererst „eine telegrafische Übertragung der Amplitudenwerte analoger Übertragungsverfahren, die »conveyance of analog information in digital form«.“⁴⁹⁸

495 Hagemeyer 1979: 263

496 Dazu Seitzer 1977: 64

497 Seitzer 1977: 98

498 Friedrich Wilhelm Hagemeyer, Die Entstehung von Informationskonzepten in der Nachrichtentechnik, Diss. phil. (masch.) Berlin (Freie Universität) 1979, 262, unter Bezug auf K. W. Cattermole,

Denn der techno-logische „einfache (und geniale)“ - mithin medienarchaische - Kunstgriff der PCM liegt zunächst darin, „die Werte der abgetasteten und quantisierten Impulse in einem telegrafischen Code darzustellen, der sich binärer Impulse bedient. Es werden also die momentanen Spannungswerte der elektrischen Sprachschwingungen beziffert und telegraphiert.“ Soweit das Modell im Symbolischen; demgegenüber interveniert die technisch reale Verkörperung: das Verfahren verlangt zum Einen eine "sehr komplexe Logik der Endgeräte", sodann "schnellste Schalter für den Telegraphievorgang und eine hohe Bandbreite [...], wegen der hohen ‚Telegraphiergeschwindigkeit‘. Etwa 30.000 bis 60.000 Binärzeichen müssen dabei je Sekunde übertragen werden", im Vergleich etwa zu den 50-80 Baud der Fernschreibnetze.⁴⁹⁹

Ferner wird hiermit die medienepistemische Frage nach einem *Technólogos* technischer „Erfindungen“ aufgeworfen, die sich eben nicht auf subjektive Ideosynkrasien reduzieren lassen, sondern vielmehr gleichursprünglich gefunden werden. Reeves PCM-Patent von 1938 war „Shannon in den frühen 40‘er Jahren nicht bekannt. Im Verlauf der Entwicklung seiner Überlegungen zu den Theorien der Kryptografie und der Kommunikation erschien vielmehr“ - in gleichursprünglicher Logik - die PCM „als eine mögliche Anwendung der Theorie: ‚As a matter of fact, I thought, I had discovered PCM‘ [...].“⁵⁰⁰ Erst eine Patentprüfung „brachte die Klarheit, daß es bereits zuvor - ohne Theorie - entwickelt worden war. Weder entstand die Informationstheorie als ‚Theorie der PCM‘, noch die PCM - notwendigerweise - nur als Anwendung der Informationstheorie.“⁵⁰¹

Eine entscheidende Rolle spielten Informationstheorie und Shannons „Philosophy of PCM“⁵⁰² indes für Weiterentwicklungen wie der Hyperquantisierung, „d. h. Der zusammenfassenden Codierung mehrerer Abtastwerte oder deren Differenzen oder ‚nichtuniformer Quantisierung‘, bei der die Amplitudenstufen nicht äquidistant, sondern nach einem logarithmischen Gesetz mit größerer Amplitude größer wurden“⁵⁰³. Tatsächlich verdient der ambitionierte Aufsatztitel einer „Philosophy of PCM“ - wenn er nicht nur von Nachrichtentechnikern und Mathematikern, sondern medienwissenschaftlich in der philosophischen Fakultät gelesen

Principles of Pulse Code Modulation, London 1969, 9

499 Hagemeyer 1979: 262

500 Hagemeyer 1978: 264. Hagemeyer zitiert hier Shannon aus den Interview-Tonkassetten im Archiv des Autors.

501 Hagemeyer 1978: 264

502 Claude E. Shannon / John R. Pierce / B. M. Oliver, The Philosophy of PCM [*1948], in: N. Sloane / A. Wyner (Hg.), Claude Elwood Shannon. Collected Papers, Piscataway (IEEE) 1993, 151-159

503 Hagemeyer 1978: 264

wird – wörtlich genommen zu werden: als Anspruch und Option, medienepistemologische Funken daraus zu schlagen.

Hagemeyers diskursive Aufarbeitung (“Sekundärliteratur“) zu lesen ist im Geschäft der Medienwissenschaft das Eine; der Fortschritt *ad fontes* (quasi medienarchäologischer „Quellcode“) das Andere. Das An“sprechende“ (noch einmal: *Technológos*) an „technical reports“ wie denen von Reeves ist es, daß sie wirklich Archäographien darstellen, weil hier die Technik (respektive Technomathematik und operative Schaltplan-Diagrammatik) selbst (mit-)schreibt, und nicht – wie in der eher diskursiven allgemeinen Medienwissenschaft und Technikgeschichte – schlicht „über“ diese Technologien geschrieben wird.⁵⁰⁴

Die tatsächlich zeitigende Abtastung: Der differentielle A / D - Wandler

Vollends tritt neben die zeitdiskrete Signalabtastung (Sampling) die zeitdiskrete Quantisierung selbst: "Der differentielle Wandler quantisiert nicht den momentanen Absolutwert des Signals, sondern" - wie auch aus der Bewegtbildkompression vertraut - "die Differenz zu dem vorherigen Abtastwert"⁵⁰⁵. Hier wird im Akt der Digitalisierung welthafter Signale mikrotechnisch operativ, was aus der Kybernetik der Anti-Aircraft Prediction vertraut ist: Im Sinne von Markov-Ketter bedarf die differentielle PCM der Kenntnis des voraussichtlichen, also als Futur II antizipierten Signalverlauf, gegenüber dem ZeitReal eines zufälligen Signals, "in dem aufeinander folgende Abtastwerte beliebige Werte annehmen können" (ebd.) - das harte Kriterium des "Analogen". Dieses Verfahren *rechnet* (buchstäblich) mit der Redundanz kultureller Kommunikation, wie sie optischen, aber auch Sprach- und Klangsignalen eignet, deren "Zeitverlauf mehr oder weniger einer Kurve folgt". In harmonischer Analyse lässt sich eine solche (Fourier-)Kurve prädiktiv kodieren, insofern "im Mittel die Differenz zweier aufeinander folgender Abtastwerte nicht sehr groß ist" (ebd.). Damit tritt eine Welt der Wahrscheinlichkeiten (die katholische Zeit des "Advent") an die Stelle des unabsehbar Realen. Die Deltamodulation kodiert lediglich noch den Vektor (größer / kleiner) der Änderung einer Signalamplitude - als generatives Gegenstück zur "Zeit", definiert als diskrete numerische Messung einer Veränderung.

Ein derart datenkomprimiertes Signal bedarf indes zur Demodulation eines "Rekonstruktions-Tiefpass", um in techno-mathematischer Integration der Werte "zum zeitkontinuierlichen Signal gewandelt"

504 Über den Wert und Applikationen solch archäographischer Schreibweisen siehe Stefan Höltgens Beitrag in: ders. / Moritz Hiller (Hg.), *Archäographien*, Berlin (Schibri) 2019

505 Görne 2008: 169

werden zu können (ebd.). Diese "Rück"wandlung aber resultiert in einer Vergangenheit, die so nie Gegenwart war. Oversampling gemäß dem Nyquist / Shannon Abtast-Theorem oder äquivalente Verfahren der "does not cause any loss of information" (5) - sofern lediglich eine "digitale", mathematische Theorie der Information in Anschlag kommt. Jede numerische "decimation" (ebd.) aber ist nichtsdestotrotz mit einem Opfer am physikalischen Signal erkaufte - nicht zuletzt an seiner Zeittreue. "[...] because the digital filter is an integral part of the Σ - Δ ADC, there is a built-in 'pipeline' delay (sometimes called 'latency') primarily determined by the number of taps in the digital filter (7). Die Medienökonomie der Signalübertragung zielt auf höhere Effizienz "by transmitting the *changes* (delta) in value between consecutive samples rather than the actual samples themselves"⁵⁰⁶, mithin: eine Re-Analogisierung der Kodierung. *Nota bene*: "There is nothing particularly difficult to understand about Σ - Δ ADCs, as long as you avoid the detailed mathematics"⁵⁰⁷. Radikale Medienarchäologie aber ist nicht schlicht eine Entschlackung komplexer Technologien zugunsten ihres prinzipiellen Verständnisses (ihrer *archai*), sondern ebenso ein Rückgang auf die mathematische *radix*.

Es handelt sich bei der Sigma-Delta-Konversion (Σ - Δ) um eine nicht schlicht technische, sondern techno-ontologische Alternative zum zeitdiskreten A / D - Wandler. "The Σ - Δ ADC can [...] be viewed as a synchronous voltage-to-frequency converter followed by a counter"⁵⁰⁸; mit entscheidend ist hier nach wie vor die Zwischenschaltung einer "Sampling Clock". Doch zur Debatte steht hier eine Zeitbeobachtung zweiter Ordnung, und damit weist diese Technologie die "Zeit der Digitalisierung" selbst an ihre Zeit-Grenzen: "Obviously, this method [...] will only work for dc or very slowly changing input signals. In addition, 2^N clock cycles must be counted in order to achieve N-bit effective resolution, thereby severely limiting the effective sampling rate" (ebd.). Damit ruft gerade die Epoche der Digitalisierung genau jenes Zeitalter der Uhren wieder auf, das laut Norbert Wiener und Max Bense doch von der Episteme der Thermodynamik aus den Angeln gehoben worden war: "Alte Träume der Mechaniker wurden auf diese Weise vom Thermodynamiker zerstört: die Träume von der wenig gehenden Uhr [...]"⁵⁰⁹, zugunsten des unerbittlichen Zeitpfeils der Entropie, der elektromagnetischen Felder, und mithin der Information. Das "Digitale" ereignet sich mithin als Rekursion, welche die Alternative zwischen mechanischer Zeitreversibilität und entropischer Irreversibilität geradezu

506 Walt Kester, ADC Architectures III: Sigma-Delta ADC Basics [MT-022 Tutorial], Analog Devices, 2009, 1

507 Kester 2009: 4

508 Kester 2009: 7

509 Max Bense, Technische Existenz [1949], in: ders., Ausgewählte Schriften Bd. 3, Weimar (Metzler) 1998, 122-146 (135)

"aufhebt". Keine schlichte Wissen(schaft)sgeschichte, sondern "[e]ine Archäologie der technischen Welt ist zum Verständnis nötig"⁵¹⁰.

Digitalisierung von Bildern: eine Welt der Zwischenspeicher

Im Sample-and-Hold-Modul, wie es dem A/D-Wandler als ein analoges Abtast- und Halteglied signallogistisch *vorgeschaltet* ist⁵¹¹, wird es konkret: Die Technik der Digitalisierung bedeutet nicht allein die Überführung welthaltiger Analogsignale in logische (binäre) Zustände in Silizium-Halbleitern, sondern auch deren "Aufhebung" im Zwischenspeicher. Nicht erst die nachgeordnete digitale Informationsverarbeitung und -übertragung, sondern bereits die Erfassung von Information im Akt der Digitalisierung hängt vom Momentum einer gepufferten Gegenwart ab, als buchstäblich "aufge(sc)hobene" Zeit.

[Die S/H-Stufe führt eine zeitliche Abtastung des Eingangssignals durch. Das ursprüngliche Eingangssignal ist sowohl bezüglich der Amplitude als auch bezüglich den [sic] Zeitverlaufs analog, es sind in diesen beiden Dimensionen unendlich viele Zwischenwerte möglich⁵¹² - bis an die Grenzen des diskreten Elektronenstroms. "Das Ausgangssignal der S/H-Stufe ist dagegen bezüglich des Zeitverlaufs diskretisiert, bezüglich der Amplitude aber noch analog" (ebd.); erst im nachfolgenden A/D-Wandler erfolgt dann auch die Amplitudenquantisierung. Erst dann "ein vollständig digitalisiertes Signal zur weiteren Verarbeitung bereit" (ebd.).]

Denn für die A/D-Wandlung ist entscheidend, "dass das Eingangssignal über den gesamten Verlauf der Wandlung konstant bleibt" (Westphal ebd.); ansonsten "kommt der Entscheidungsprozess des Wandlers" - mithin seine technologische Kritikfähigkeit - "'durcheinander' und es entstehen fehlerhafte Ausgangsworte [sic]" (ebd.) - fehlerhaft natürlich nicht aus Sicht der Technik, sondern des humanen Logozentrismus.

Mit der Digitalisierung analoger Signale kommen (gegenüber der klassischen Einteilung in *live*-Sendemedien wie Radio und Fernsehen einerseits und Speichermedien wie Schallplatte, Tonband und Videorekorder) Zwischenspeicher als Datenpuffer ins Spiel - eine immer schon verzögerte „Jetzt-Zeit“ (Heidegger), die unter dem perfiden Namen „Echtzeit“ nichts anderes besagt, als daß der Computer Signalfolgen so

510 Bense 1998: 136

511 Henry Westphal, Unterkapitel 5.4 "DerAnalog/Digital-Wandler", in: ders. / Malte Schulze / Mario Keller / Thomas Fecker, Medientechnisches Wissen, Bd. 4: Elektronik, Elektronikpraxis, Computerbau, hrsg. v. Stefan Höltgen, Berlin / Boston (de Gruyter) 2023, 127-142 (141)

512 Westphal 2023: 141

rechtzeitig berechnet, daß träge Menschensinne (haptisch, auditiv, visuell) es noch als Gegenwart empfinden.

Ferner läßt sich eine wesentliche Verbesserung der Qualität des analogen Fernsehbildes durch algorithmische Verarbeitung des für diesen Zweck digitalisierten Videosignals erzielen. „Für diese Verarbeitung braucht man einen Speicher, der mindesten ein ganzes Raster aufnehmen kann. Dann läßt sich die Rasterfrequenz von 50 Hz auf 100 Hz steigern und so das Flächenflimmern beseitigen.“⁵¹³

Im CCD-Chip digitaler Kameras wird diese Operation konkret. Das Charge Coupled Device „ist eine spezielle Halbleiterstruktur, die aus einer zweidimensionalen Anordnung von Bildelementen – den Pixeln – besteht und die in der Lage ist, Licht in elektrische Ladungen umzuwandeln und diese bis zum sogenannten Auslesevorgang zu akkumulieren und zu speichern. Ähnlich wie bei der Fotoplatte entsteht während der Belichtung in der Detektorfläche ein latentes Ladungsbild, das ohne Umwege auf elektronischem Weg leicht in eine digitale, d. h. Computerlesbare Form gebracht werden kann“⁵¹⁴ - zugleich eine funktionsorientierte Definition des „Digitalen“. „Der aufwendige Entwicklungsvorgang wie bei einer Fotoplatte entfällt damit völlig und das [...] Objekt erscheint sofort nach Beendigung der Belichtung auf dem Computermonitor“ (Scholz ebd.). Zeit wird nicht mehr als Entwicklung im Sinne der Bergsonschen Dauer erfahrbar, sondern entphänomenologisiert. Das Bildelement („Pixel“) ist dabei selbst schon eine Abstraktion; konkret wird es im CCD-Sensor „durch drei MOS-Strukturen („metal oxide semiconductor“), die wie ein Kondensator Ladungen sammeln können, repräsentiert“ (Scholz ebd.).

Die Räderuhr und die Diskretisierung der Zeit

Das humane Zeitempfinden „konnte erst nach und mit unserem Gegenwartsgedächtnis entstehen“⁵¹⁵. Doch dieses ist erst die Möglichkeitsbedingung; es muß in einem buchstäblich ent-scheidenden (zeit-kritischen) Akt „digitalisiert“ werden, um als Zeit faßbar zu sein. Menschen registrieren Bewegung und Veränderung von Zuständen als Zeit nur durch Zählung, durch kardinale Sukzession, von der ordinal die historische Datierung abgeleitet wird. Im Falle der getakteten Räderuhr wird dieses Verhältnis konstruktivistisch umgekehrt: die mechanische Uhrbewegung wird zum Zeitmesser. Eher „er-“ denn „ge“messen wird die so genannte Zeit durch Abgleich einer Bewegung mit periodischen

513 x y, "Ein erster Schritt auf dem Wege zum Hifi-Fernsehen", in: Funk-Technik 39 (1984), Heft 1, 15

514 M. Scholz , Kleines Lehrbuch der Astronomie und Astrophysik , Band 2: Teleskope, Detektoren, Methoden , E-Book-Ausgabe 2009 , 28

515 Völz 2019: "Vorwort"

Abläufen, etwa den Pendelschwingungen einer Uhr. Bewegung wird zunächst schlicht über Bewegung integriert – der Zeitbegriff „analoger“ Astrolabien und Sonnenuhren. Doch der Schatten des Zeigers (Gnomon) – laut Serres ein paradigmatisches Zeug der altgriechisch-geometrischen Naturannäherung – wird erst über diskrete Skalierung als Zeit ablesbar (die Symbole am Mechanismus von Antikythera), durch Abzählung, also Verzifferung, zur „Zeit“ digitalisiert.

Mit dem Alphabet wurde die Diskretisierung von stetiger Bewegung kulturtechnisch eintrainiert; indes ist es als solches zeitunkritisch. Erst mit der getakteten Uhr wird die Kultur des Digitalen im Vor-Sinn des Computers operativ.

Die vertraute sexagesimale Einteilung der Uhrzeit folgt einer naturgegebenen, astronomischen Maßgabe und verlangt dementsprechend eine Verschiebung nach geographischen Längen gleich den „Tiden“, den Gezeiten der Meere. Indes ist jede andere Art von „Zeit“ als diskrete Einteilung von Bewegung denkbar und möglich, etwa das Internetzeitmodell „.beat“, ein auf 1000 hinlaufendes, technologisch willkürliches Zeitmodell, das sich radikal vom Naturvorbild löst. Sein Vorteil liegt in einer weltweit vereinheitlichten Zeit.

Die Wendung deutete sich an, seitdem mit der getakteten Uhr TempoRealität nicht länger repräsentiert, sondern synthetisiert wird. Protagonistin ist die antike Sonnenuhr, die analog mit Schatten voranschreitet, aber dann *qua* analog / digital-Umwandlung (die Anlegung einer Skala) "diskret" Zeit abzählbar macht (oder, im Sinne der aristotelischen Definition, überhaupt erst als numerische Messung zur "Zeit" macht).

Hier kommt "Digitalisierung" wieder auf ihren etymologischen Begriff, denn buchstäblich „digital“, also mit Fingern und Zeigern, haben recht eigentlich schon die Römer und das Mittelalter gerechnet.⁵¹⁶

Sylvester 2005 wurde kurz vor Jahresende noch eine sogenannte „logische Schaltsekunde“ eingefügt, welche die – winzige – Differenz zwischen der astronomischen Zeit und der hochpräzisen Zeit der Uhrmacher egalisiert (welche die exaktere ist). Eine neue Epoche (jenseits chronologischer Kulturtechniken) beginnt, wenn sich die medientechnisch selbstreferentialisierte Zeit als *time base* vollständig von der Gleichrichtung nach dem Sternenlauf löst.

Der „existenzial-zeitliche[r] Sinn“ des Uhrgebrauch erweist sich Heidegger zufolge im „Gegenwärtigen des wandernden Zeigers. Das

516 Dazu Horst Wenzel, Von der Gotteshand zum Datenhandschuh: zur Medialität des Begreifens, in: Sybille Krämer / Horst Bredekamp (eds.), Bild - Schrift - Zahl, Munich (Fink) 2003, 25–56

gegenwärtigende Verfolgen der Zeigerstellen zählt.“⁵¹⁷ Die Digitalisierung der Zeit durch die getaktete Uhr manifestiert sich auf dem Uhrzeiger des Ziffernblatts. Die Zeit wird hier zum mathematischen Objekt im Sinne der Ordinalzahlen, „die das Konzept der Position oder des Index eines Elementes in einer Folge auf Wohlordnungen über beliebigen Mengen verallgemeinern. Positionen in Folgen werden als natürliche Zahlen aufgefasst (sprachlich durch die Ordinalia erstes, zweites, drittes, ... Element ausgedrückt), welche die endlichen Ordinalzahlen bilden. Entscheidend bei dieser Verallgemeinerung ist, dass [...] jedes Element (mit Ausnahme eines eventuell vorhandenen letzten Elements) einen eindeutigen Nachfolger hat.“⁵¹⁸ Aus der Folgezahl ist wiederum der Temporalbegriff des „Sekunde“ gebildet – ganz im Sinne der aristotelischen Zeitdefinition: „Das nämlich ist die Zeit, das Gezählte an der im Horizont des Früher und Später begegnenden Bewegung.“⁵¹⁹

Heidegger ist indes unpräzise hinsichtlich des Unterschieds zwischen „analoger“ und „digitalisierter“ Zeit: „Die Zeit ist das »Gezählte«, das ist das im Gegenwärtigen des wandernden Zeigers (bzw. Schattens) Ausgesprochene [...].“⁵²⁰ Erst die Hemmung aber erlaubt jenen Vorschein eines Stillstands, der die Zeit abzählbar macht: „Wir nennen die in solcher Weise im Uhrgebrauch »gesichtete« Weltzeit die Jetzt-Zeit.“⁵²¹

Diese Jetzt-Zeit aber ist eine diskrete Abstraktion. Innertechnisch ist sie im Uhrwerk ein Extrem der analogen Schwingung und entspricht jener „time of non-reality“, die Norbert Wiener als die Unzeit des Digitalen definierte.

Hegel definiert die Zeit *en passant* als „Abstraktion des Verzehrens“⁵²²; dies korrespondiert mit seiner Definition des Tons das dem, was im Entstehen schon vergeht. Im finalen Sechsten Kapitel „Zeitlichkeit und Innerzeitigkeit als Ursprung des vulgären Zeitbegriffes“ von *Sein und Zeit*⁵²³ kritisiert Heidegger 1927 den „vulgären“ chronotechnischen Zeitbegriff, der die Zeit durch Verdinglichen als eine unendliche Abfolge von Jetztpunkten taktet. Positiv gewendet, fällt eine technische Verdinglichung wie die Uhr, oder der diskret rechnende Computer, aus der „Zeitlichkeit“ der philosophischen Semantik. Im Unterschied zu Heidegger aber schaut Medienarchäologie nicht auf die diskreten kardinalen Zähl-Stellungen des Uhrzeigers, sondern analysiert den

517 Heidegger 1927 / 1967: 421

518 <https://de.wikipedia.org/wiki/Ordinalzahl>, Abruf 20. August 2020

519 So übersetzt von Martin Heidegger, *Sein und Zeit* [1927], 11. Aufl. Tübingen (Max Niemeyer) 1967, 422, unter Bezug auf Aristoteles, *Physik*, A 11, 219b 1 sq.

520 Heidegger 1927 / 1967: 422

521 Heidegger 1927 / 1967: 422

522 Zitiert nach Heidegger 1927 / 1967: 431

523 Heidegger 1927 / 1967: 404-437, bes. §§ 80 f.

immanenten Mechanismus, der dieses Zeit-Ge-Stell generiert: den Mechanismus der Hemmung.

Dem medienwissenschaftlichen Theorem des technischen Apriori gegenüber ist Heidegger zufolge ist das Uhrwerk nicht die Bedingung, sondern bereits eine Verdinglichung des vulgären Zeitbegriffs. „Gemäß der Fundierung der Uhr und der Zeitrechnung in der Zeitlichkeit des Daseins, die dieses Seiende als geschichtliches konstituiert, läßt sich zeigen, inwiefern der Uhrgebrauch ontologisch selbst geschichtlich ist und jede Uhr als solche eine »Geschichte hat«.“⁵²⁴

Medienarchäologie widersteht demgegenüber der Versuchung, die Uhrzeit schlicht aus der umfassenderen Zeit von Kultur- und Technikgeschichte abzuleiten; sie konzentriert sich auf die entscheidenden kulturtechnischen und abrupten technologischen Momente selbst, als Wesensfolge des *Technológos* - „und nicht umgekehrt“⁵²⁵.

Lewis Mumford lokalisiert die entscheidenden Faktoren der neuzeitlichen Mechanisierung der Gesellschaft im technischen Apriori der getakteten Uhr: „The clock, not the steam-engine, is the key-machine of the modern industrial age“⁵²⁶ - wengleich erst die Thermodynamik den physikalischen, non-digitalen Zeitbegriff rechtfertigte. Diesem ZeitReal gegenüber steht ihre Symbolisierung: „[a] dial and a hand [...] translated the movement of time into a movement through space, at all events struck the hours“ (ebd.). Der Maschinenzeit ist die Zeitmaschine vorlagert: „In its relationship to determinable quantities of energy, to standardization, to automatic action, and finally to its own special product, accurate timing, the clock has been the foremost machine in modern technics“ (15). - also Diskretisierung - „

Doch die Genese dieses automatisierten Zeitbegriffs ist ihrerseits unzeitlicher Natur; McLuhan erkennt - noch vor der Druckerpresse - in der altgriechischen Alphabetisierung den Urgrund (die *arché*) des diskreten Uhrzeitbegriffs, ihr „Archimedium“. „[...] Mumford berücksichtigt das Alphabet nicht als die Technik, welche die visuelle und einheitliche Zerlegung der Zeit möglich gemacht hatte“, während „in der Raum-Zeit-Welt der Technik der Elektrizität die ältere mechanische Zeit allmählich untragbar“ werde.⁵²⁷ Zwar digitalisierte das Vokalalphabet die

524 Heidegger 1927 / 1967: 417

525 Friedrich Kittler, Phänomenologie *versus* Medienwissenschaft", <http://hydra.humanities.uci.edu/kittler/istambul.html>, Abruf 22. Januar 2018

526 Lewis Mumford, *Technics and Civilization* [1934], New York / Burlingame (Harcourt, Brace & World) 1963, 14

527 Marshall McLuhan, *Die magischen Kanäle. "Understanding Media"*, Düsseldorf / Wien (Econ) 1968, 160

gesprochene Sprache und wurde damit zum Modell wissenschaftlicher Analyse, aber das Alphabet ist seinerseits zeitunkritisch (wenn nicht in der Prosodie). Erst die mechanische Taktung verzeitlicht es zur Uhr-Zeit. Der Automatismus ist der Zeit vorgelagert und damit das begründende vor der Zeit.

Scheinbar stellt die aktuelle „Digitalisierung“ in ihrer Computerform den Zeitbegriff buchstäblich infrage. Die getaktete Uhr als Zeit-Maschine aber geht dieser Digitalisierung durch *sampling* selbst voraus. „The clock [...] is a piece of power-machinery whose ‚product‘ is seconds and minutes: by its essential nature it dissociated time from human events and helped create the belief in an independent world of mathematically measurable sequences: the special world of science.“⁵²⁸ Und „[...] while mechanical time is strung out in a succession of mathematically isolated instants, organic time – what Bergson calls duration – is cumulative in its effects. Though mechanical time can [...] be speeded up or run backward, like the hands of a clock or the images of a moving picture, organic time moves in only one direction [...].“⁵²⁹

Verunzeitlichung? "Analoges" Sampling

Bereits die klassische Fourieranalyse sowie die Autokorrelationsanalyse rekonstruieren ein Signal vollständig über Koeffizienten, also durch zum rechnerischen Ausdruck als Faktor hinzugefügte Beizahlen. Doch wird Völz' Verfahren eines „analogen“ Samplings dem stochastischen Charakter aller Signale (kalkuliert als Markov-Ketten) gerecht? Dies erinnert an die divergierende mathematische Philosophie von Norbert Wiener und Claude Shannon (Harmonische Analyse vs. Stochastik).⁵³⁰ Treten Koeffizienten an die Stelle der diskreten Samples, wird etwas eskamotiert, was (mit Turing) die Grundlagen der Berechenbarkeit ausmachte: die binäre Entscheidung. „Die Signale von Völz wären also besser komprimiert, und auch an der ‚Natur näher dran‘, allerdings gibt es dann keine Entscheidungen mehr in der Zeit.“⁵³¹ Die Unterbrechung der Zeit (als Zeitaufhebung und radikales zeitkritisches Momentum zugleich) gehört zum Wesen des Digitalen (*hindrance*). Es ist jener (Um-)Schaltmoment mit seiner „time of non-reality“, den der Analogcomputer in seiner Spannungscontinuität so nicht kennt.

528 Mumford 1934 / 1963: 15

529 Mumford 1934 / 1963: 16

530 Siehe Axel Roch / Bernhard Siegert, Maschinen, die Maschinen verfolgen. Über Claude E. Shannons und Norbert Wieners Flugabwehrsysteme, in: Sigrid Schade / Georg Christoph Tholen (Hg.), Konfigurationen. Zwischen Kunst und Medien, München (Fink) 2003, 219-230

531 Elektronische Kommunikation Axel Roch, 14. April 2012

Mit dem aus dem Radarkontrollsystem des Whirlwind-Computers entsprungenen „Interrupt“ wurde aus dem Moment der Verunzeitlichung der rechnerinternen Taktung ein Apriori der externen Computerbespielung, und die medientechnische Möglichkeitsbedingung sogenannter „Interaktivität“.

DAS BISTABILE KIPPELEMENT

Die technisch wie neuronal konkrete dynamis des "Bit"

In einer medienepistemologischen Vertiefung zur *Technológos*-Hypothese stellt sich die Frage nach dem Wesen der "bits". Die uralte kulturphilosophische, ebenso theologische Frage nach dem Verhältnis von Geist und Körper, Wort und Fleisch wird hier techno-logisch konkret und lässt sich damit abseits von metaphysischen oder religiösen Spekulationen konkret verhandeln und verifizieren. Ein "Bit" als Stromspannung oder magnetische Ladung ist ebenso Physikalisch konkret wie jedes andere "analoge" Signal. Kodierung meint hier eine elektrotechnische Schaltung oder Modulation zugunsten binärer Lesbarkeit - wie sie aber erst als kognitive Repräsentation zustande kommt, die sich ihrerseits in neuronalen Netzen verliert. Das Bit, als kleinste Maßeinheit von "Information", gibt es nicht als Elementareinheit, sondern *macht* buchstäblich einen "eigentümlichen Unterschied" (die *differentia specifica*).

"[E]igentlich gibt es [...] nichts gänzlich Digitales an einem digitalen Computer"⁵³². Das "bit" ist eine Messeinheit, die einer technischen (zeit- und wertdiskreten) Signalerfassung willkürlich einen binären Code - und damit Abzählbarkeit - unterstellt respektive zuordnet. Gegenüber dem tatsächlichen überabzählbar stetigen mikroelektronischen (oder gar quantenmechanischen) Vorgang erlaubt diese Messung, hinreichend zugunsten einer Abzählbarkeit zu abstrahieren. Doch schon der Begriff der "Analogen" ist ein Retroeffekt des Digitalen, wenn er seine Signalwelten als "mit unendlich vielen möglichen Zwischenstufen und Formen" definiert wird - denn dies ist bereits die Sprache der Diskreten Mathematik.⁵³³ Kodiert wird das physikalische Medium nicht schon durch seine materielle oder energetische In-Formation, sondern erst durch

532 Bruno Latour / Adam Love, Das Wandern der Aura? oder wie man das Original durch seine Faksimiles erforscht, in: Tristan Tielmann / Eduardo Camacho-Hübner (Hg.), Akteuer-Medien-Theorie, Bielefeld (transcript) 2013, 511-530 (529), unter Bezug auf: Brian Cantwell Smith, Digital Abstraction and Concrete Reality, in: Impressiones, Calcografía Nacional, Madrid 2003

533 Fotis Jannidis, Eintrag "Analog, digital und das Bit", in: ders. / Hubertus Kohle / Malte Rehbein (Hg.), Digital Humanities. Eine Einführung, Stuttgart (Metzler) 2017, 59 (in Anlehnung an Jens Schröter)

deren "abstrakte" Erkennung, welche eine Operation namens Mathematik erst ermöglicht. "Im Digitalen kann jeder mögliche physikalische Zustand als Kodierung verwendet werden" (Joannidis a. a. O.) - vom elektromagnetischen Relais bis hin zum hochintegrierten Schaltkreis "egal wie es physikalisch modelliert wird" (ebd.). Der *Technológos* der Digitalisierung ist nicht auf rein formale Logik abstrahier- und reduzierbar, sondern erst in der Verarbeitung als "Geste" der Digitalisierung (frei nach Vilém Flusser) wird die idealisierende Modellierung von der Materialität gestellt und geerdet, also verweltlicht. "[I]n der Verarbeitungslogik interessiert uns nur noch der Umstand, dass es sich um eine 0 oder eine 1 handelt" (Jannidis ebd.). Doch wer - oder was - ist "uns"? Die Maschine interessiert sich durchaus für die konkrete Implementierung.

Medienarchäologie versteht die binäre "Verarbeitungslogik" zunächst einmal technisch konkret, bis hinunter auf die Ebene, wo so genannte "Bits" sich als Stromspannungen tatsächlich ereignen. Dies als technische Szene zu begreifen bedeutet, den Vorgang für einen Moment enthoben von sozialen, ökonomischen, historischen Kontexten zu beschreiben, in welche er im erweiterten Sinne eingebettet ist. Der Fikus liegt vielmehr auf jenem Niveau, wo sich das Eigenleben technischer Ereignisse in ihrem *Technológos* entfalten.

Die mathematischen Ideen der platonischen Welt existieren keineswegs virtuell, sondern im Sinne der aristotelischen *dynamis* (ein Begriff aus seiner *Metaphysik*) als Möglichkeitsraum der Materie selbst. Aus neurobiologischer Perspektive meint dies eine zur kognitiven Abstraktion verdichtete Mustererkennung, wie sie nun Künstlichen Neuronalen Netzen mühselig antrainiert wird. Mit Kunihiko Fukushimas Neocognitron überschritt in den 1980er Jahren "das rechnende Sehen neuronaler Netze eine der letzten symbolischen Verteidigungslinien zum *know-how* alphabetisierter Menschen: ein Computermodell beginnt, verzerrte Handschriften nahezu fehlerfrei zu lesen."⁵³⁴ Und so "liest" auch der Computer diverse materiell verkörperte differentielle Schaltzustände diesseits ihrer konkreten Idiosynkrasien als "Null" und "Eins".

Das technomathematische Kernereignis der "Digitalisierung": der bistabile Kippspeicher

Die technisch konkrete Szene digitaler Signalverarbeitung kennt nicht den *lógos*, sondern allein *tyché*. Anhand von (Preuso-)Zufallsgeneratoren

534 Aus dem *abstract* zum Vortrag von Sebastian Kawanami-Breu, How To Do Things With Neurons: Kunihiko Fukushima, das Neocognitron und die Transduktion der Biokybernetik in Japan, im Rahmen des Kolloquiums *Medien, die wir meinen*, Medientheater, Humboldt-Universität zu Berlin, 13. Juli 2022

wird es manifest. Zunächst wird durch Abtastung (*sampling*) - also durch "die Registrierung von Messwerten zu diskreten, meist äquidistanten Zeitpunkten"⁵³⁵ - das Reelle ins Symbolische überführt. In dieser Ordnung vermag ein digitaler Kanal (etwa die Videokonferenzsoftware Zoom) damit zwar Zufallszahlen zu übertragen, ist aber selbst von der Quelle (*arché*) des Zufalls getrennt. Damit sind selbst "echte" Zufallszahlen schon Produkt einer willkürlichen Ent-Scheidung *innerhalb* der A/D-Wandlung: zufällig generierte Zahlenfolge, aber als Zahl ihrerseits bereits in den Grenzen der Berechenbarkeit / *computation*.

Bistabilen Kippstufen eignet eine bemerkenswerte Eigenschaft: ihre Affinität zum Zufall. „Sie besitzen keine definierte Anfangsstellung. [...] Wird an die Kippstufe Spannung angelegt, erhalten zunächst beide Transistoren eine positive Basisspannung“ - der *bias*. „Bedingt durch Bauteilestreuung schaltet aber ein Transistor etwas schneller als der zweite, wodurch der schneller schaltende Transistor dem zweiten die Basisspannung entzieht und damit die Schaltung in einen stabilen Zustand kippt. Es läßt sich jedoch nicht voraussagen, welcher Transistor der schnellere sein wird“⁵³⁶; gelöst wird das Problem für Computerspeicher (zur Erzielung des Leer-Zustands des Speichers beim Einschalten, also Aus-Zustand der Kippstufen) durch Zufügung von Kondensatoren, die ihrerseits eine Form von (Zwischen-)Speicher darstellt. Kondensatoren dienen hier beim Einschalten als kurze Zeitverzögerung.

Ein Computer in der sequentiellen von Neumann-Architektur bedarf eines Speichers für die im jeweiligen Moment der Prozessierung benötigten Daten, gegründet auf die Möglichkeit der Speicherung eines Null- oder Eins-Signals (1 Bit). Auf Papier ist das Rechnen mit Zwischenwerten nicht zeitkritisch, doch im elektronischen, speicherprogrammierbaren Computer bedarf es Zwecks Optimierung der Abläufe einer strikten Synchronisation. Deren Ermöglichung beruht auf dem Prinzip Uhrtakt, im Speziellen auf dem Prinzip von Hemmung respektive Unruh zur Quantelung kontinuierlicher Prozesse in gleichwertige Teile, also ein zeitdiskretes Verfahren zur Erzeugung periodischer Schwingungen (ob rund, ob eckig). Jules Lissajous weist 1857 experimentell nach „[...] that a tuning fork can be sustained in vibration indefinitely by electrical means, using an electromagnet and an interrupter [similar to a clock escapement] supported by one of the prongs. The idea of using an interrupter to sustain vibration [...] had been invented by C. G. Page and described by him as early as April 1837, to obtain a regularly interrupted electric current“⁵³⁷ - worauf dann auch Hermann von Helmholtz‘

535 [https://de.wikipedia.org/wiki/Abtastung_\(Signalverarbeitung\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Abtastung_(Signalverarbeitung))", Zugriff 23. November 2022

536 Anleitungsbuch zum Busch-Experimentier-System 4000 bis 7000, Viernheim 1988, 54

Elektromechanik zur Messung kleinster Zeitmomente bauen wird. Im Digitalen spitzt die Taktung Signale auf den Impuls zu.

Das Bit stellt die kleinste elektronische Speichereinheit im Sinne von Information dar. Im Versuchsaufbau mit zwei Invertern und zwei Leuchtdioden zur Anzeige des Speicherzustands leuchtet bei abwechselnder Anlegung eines Impulses an die jeweiligen Eingänge der Inverter leuchtet jeweils nur eine LED; „beide LEDs können nicht gleichzeitig leuchten“⁵³⁸ - die Exklusivität des Digitalen. „Das auf den Eingang des jeweiligen anderen Gatters zurückgeführte Ausgangssignal sorgt für einen stabilen Zustand, der ‚gespeichert‘ erhalten werden kann“ (ebd.); Speicherung ist hier äquivalent zum Begriff des Zustands. Ein Zustand ist also keine schlichte, sondern bereits eine wissende, informierte Existenz; jeder und jedes Moment dieses diskreten Seins ist damit die Funktion eines Speicher-Wissens.

Eine aus zwei Invertern aufgebaute 1-Bit-Speicherzelle wird durch Mikro-Ereignisse, nämlich kurze „high“-Impulse, umgeschaltet (und bleibt dann im jeweiligen Zustand stabil). „Kurze Impulse werden gespeichert.“⁵³⁹ Um eine solche Speicherzelle jedoch auch durch andere digitale Gatter ansteuern zu können, werden Speicherzellen mit NOR- oder NAND-Gattern aufgebaut, resultierend im RS-Flip-Flop (darin S für einen „set“-Eingang, R für einen „reset“-Eingang). Das RS-Flip-Flop bildet eine bistabile Kippstufe (zu zwei stabilen Zuständen fähig). „Es stellt im Prinzip eine ‚Speicherzelle‘ dar“⁵⁴⁰, im Unterschied zur astabilen Kippstufe: Gekoppelt an einen Kondensator und einen Widerstand (also im „Schwingkreis“) wird dieser zu einem Frequenzerzeuger (Oszillator) und damit wahrnehmbar im tonalen Bereich (während der diskrete Bit-Speicher nur durch ein Knacken identifizierbar ist).

In der elektronischen Speicherung diskreter Information durch Vakuumröhren geht es um die kurzfristige Aktualität von Zuständen, auslösbar durch minimalste Impulse, nicht um gleichsam wie Kathedralen in Stein gehauenes emphatisches, inskripturales Gedächtnis – also weniger Inschrift denn elektromagnetisch fluide Handschrift. Insofern ist die Semantik des *remembering*, kulturwissenschaftlich statt medienarchäologisch gelesen, eine Verfehlung – es sei denn,

537 W. A. Marrison, The Evolution of the Quartz Crystal Clock, in: Bell System Technical Journal, Vol. 27 (1948), 524. Dazu Robert Dennhardt, Die Flipflop-Legende und das Digitale, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009, Kapitel 1 "Von elektromagnetischer zu elektronischer Synchronisation", 37-84

538 Anleitungsbuch zum Busch-Experimentiersystem 2188 *Computer-Technik*, Viernheim 1988: 22

539 Anleitungsbuch Busch-Experimentiersystem 2188 *Computer-Technik* 1988: 35

540 Anleitungsbuch 1988: 37

medienarchäologische Einsicht (*theoría*) verhilft kulturell vertrauten Begriffen zu einer neuen (Be-)Deutung: "The first general type of circuit needed in electronic computing is one capable of remembering. Both digital and programmatic information must be stored: the machine must be able to remember both the numbers that are operated on and the instructions for performing the operations. [... It] consists of an Eccles-Jordan trigger circuit *or* flip-flop; information can be both registered in it and read out of it *electronically*, and hence at high speed. This form of memory [...] requires two triodes per *binary digit*."⁵⁴¹

Es war Dennis Gábor, der dafür den überzeugendsten Begriff fand: ein „Zeitkipper“.⁵⁴² Entscheidend ist hier nicht die Möglichkeit der Speicherung eines binären Zustands (das leisten Konrad Zuses Relais oder gar Blechplatten im Z1 und Z3 auch), sondern die Geschwindigkeit (Burks: „at high speed“), mit der sie umgeschaltet, ein- und ausgelesen werden können – also koppelbar an die Geschwindigkeit der Elektrizität selbst (und damit eher auf Seiten der Gesetze des Elektromagnetismus und seiner Verschiebungsströme, nach Maxwell).

Ein bistabiler Speicher speichert (in Latenz) jeweils nur ein *bit*; für ganze Worte bedarf es ganzer FlipFlop-Batterien oder, alternativ, dynamischer Zwischenspeicher. Zunächst erlaubt die von Erich Friedländer gefundene und neologistisch so getaufte Kallirotron-Schaltung (ein bistabiler Speicher) den buchstäblich „schönen Fluß“ von Elektronen – ein optimaler Name für die Elektronenröhre selbst.

Eine bistabile Schaltung als Fluß aber verschränkt Welle und Takt. Turner schreibt darüber in seinem Aufsatz in *Radio Review* Jahr 1920: „In its theory, the trigger relay is a particular case of unstabilized Kallirotron“; die bistabile Kippschaltung wird rückwirkend zum intrinsischen Spezialfall der Eccles-Jordan-Schaltung. Die Definition der „Triode“ verdankt sich William Henry Eccles 1919. Das Trigger-Relay (also Relais), eine Schaltung aus zwei de Forest-Trioden, definiert Eccles als ein „one-stroke relay, when operated by a small triggering electrical impulse [...] and then remains in the new condition until reset.“⁵⁴³

⁵⁴¹ Arthur Burks, Electronic Computing Circuits of the ENIAC, in: Proceedings of the I.R.E. (Institute of Radio Engineers), August 1947, 756-767 (757)

⁵⁴² Dazu Robert Dennhardt, Die Flipflop-Legende und das Digitale. Eine Vorgeschichte des Digitalcomputers vom Unterbrecherkontakt zur Röhrenelektronik 1837-1945, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009

⁵⁴³ William Henry Eccles / F. W. Jordan, A Trigger Relay Utilising Three-Electrode Thermionic Vacuum Tubes, in: The Electrician 83 (1919), 298; erscheint im gleichen Jahr auch in: The Radio Review 1 (1919) No. 3, 143-146

Demonstrationsobjekt (MAF): Flipflop-Demonstrator (Henry Westephal, TIGRIS Elektronik Berlin) aus MAF; dazu entsprechender Eintrag im *Katalógos*

Das RS-Flipflop ("reset") wurde später als *one-bit store* eingesetzt: im Colossus Mark 1, danach im ENIAC. Im „Colossus“ von Bletchley Park wurde die Voreinstellungen für das *data tape* von intern gespeicherten Komponentenmustern generiert; „These coponents were stored in ring registers made of thyrotrons and could be set manually by plug-in pins“⁵⁴⁴; kommentiert Siegert 2003: Wynn-Williams schaltet Kondensatoren in den Anodenkreis einer jeden Röhre, die den Anodenkreis der jeweils vorhergehenden Röhre unterbrechen; und als Spezialfall jener minimale Ring aus nur zwei Thyratrons: „ohne daß Wynn-Williams das bemerkt zu haben scheint, nichts anderes als ein FlipFlop.“⁵⁴⁵

Ein Unterbrecherkontakt „entspricht der Funktion nach einer gewöhnlichen Türklingel“.⁵⁴⁶ Zunächst fungieren hier stabilisierende Rückwiderstände, später dann, für den bistabilen Multivibrator (statt Kippschalter), anstelle fester Vorwiderstände zwei Kondensatoren – daher das astabile Kippen. Die monostabile Kippschaltung kippt nach einer definierten Zeit (also abhängig nach Wahl der Kondensatoren) zurück in den Ausgangszustand, muss also nicht manuell zurückgesetzt werden; damit ist sie einsetzbar als Zähler (numerisch / mathematisch).

Der elektronische Speicher stellt einen bestimmten Systemzustand für eine bestimmte (Zwischen-)Zeit fest – das *bit*. Die Röhren „schalten“ (in kreuzweiser Rückschaltung) bei einem Vorzeichenwechsel der Eingangsspannung, müssen dann aber manuell zurückgeschaltet ("gesetzt") werden.

Solche Schalter verleiten unmittelbar ins Zentrum der *Technológos*-Hypothese, die danach fragt, ob die symbolische Ordnung (Schaltalgebra etwa) der Materie schlicht aufgezwungen (Digitalcomputer), oder den Fügungen des / im Realen selbst entlockt wird (Analogcomputer).

George R. Stibitz unterscheidet im einem Typoskript (Memorandum) vom 23. April 1942 über „Digital Computation for A. A. Directors“ im Rahmen einer Konferenz über elektronische Feuerleitkontrolle in der Flugabwehr den „analogen“ vom Digitalcomputer im Unterschied zum „pulse“ Computer: „Computing mechanisms have been classified as `analog´ or as `pulse´ computers. The latter term seems to me less descriptive than

544 D. Michie, *The Bletchley Machines*, in: *the Origins of Digital Computers. Selected Papers*, hg. v. Brian Randell, Berlin / Heidelberg / New York 1973, 328, zitiert hier nach Siegert 2003: 414

545 Siegert 2003: 410

546 Denhardt 2009, Glossar, 184

the term ‚digital‘.“⁵⁴⁷ Der Digitalcomputer ist ein Pulscomputer, und hierin liegt seine ganze prosodische „Algorhythmik“ (Miyazaki).

[“Classified“ meint eine bibliothekarische Wissensordnung nach Begriffen; zugleich aber ist diese Aussage selbst, das überlieferte Dokument von Stibitz nämlich, lange Zeit ein „confidential“ gestempelter Report des Department of Defence der USA, und war insofern mit der Macht des Archivs dem öffentlichen Wissen solange entzogen, bis es (wie es in der archivarischen Fachsprache amerikanisch heißt) „de-classified“ wurde, ablesbar an dem doppelten Strich durch den Stempel CLASSIFIED.]

Folgt Stibitz' Definition des Analogcomputers: „All directors in use now are of the former type; that is the value of each variable in the computation is represented in the mechanism by the magnitude of a physical quantity such as length, voltage, speed etc. It has been suggested from time to time that digital calculation, such as that performed by adding and calculating machines might be used in the A. A. Director, with advantage“ (ebd.).]

Der ingenieurstechnische Begriff „analog“ bezeichnet eine Form von Signalwandlung; „digital“ hingegen deren Abstraktion zu Daten- und Informationsverarbeitung als mathematisches Maß im Sinne Shannons. „Digital computers introduce a consideration not found in kinematic analog computers, namely the ordering of computation steps in time“; Stibitz meint damit den „number train“ von Nullen und Einsen. „Digital computation is dynamic in character“ (Stibitz 1942) – *dynamic* hier im Sinne von universaler Funktionalität.

Exkurs zum Analogcomputer:

Das eigentliche epistemische Wunder am Analogrechner gegenüber dem numerischen "number cruncher" Digitalcomputer ist die Tatsache, dass Mathematik hier mit Mitteln der Physik selbst betrieben wird - sei es der Rotationswinkel einer kreisenden Scheibe, Strecken eines Rechenschiebers (in dem das Differential zur mechanischen *différance* wird) oder elektische Spannungen. An die Stelle von Zahl rücken hier physikalische Größen, die hinsichtlich eines gemeinsamen Nenners - nämlich der mathematischen Analyse eines physikalischen (Bewegungs-)Vorgangs - zumeist in Form von Differentialrechnung - "analog" ist. Die Grundannahme ist ein verblüffender Umkehrschluss: "Die Tatsache, dass es für physikalische Vorgänge eine gesicherte mathematische Beschreibung gibt, erlaubt es umgekehrt auch mathematische Zusammenhänge durch physikalische Vorgänge

547 Hier zitiert nach dem Faksimile des Dokuments in: Dennhardt 2009: 157

nachzubilden."⁵⁴⁸ Tatsächlich wird gegenüber einem physikalischen Kontinuum hier nicht durch Diskretisierung "digital" abstrahiert, sondern die technische Form bleibt in ihrer Analogie zum zu modellierenden physikalischen Gegenstand signalgetreu.⁵⁴⁹ Von dem Moment an, als in Alteuropa ein physikalisches Verhältnis oder Vorgang in eine mathematische Form(el) transkribiert wurde, liessen sich deren einzelnen mathematischen Komponenten zum Zwecke der vier arithmetischen Grundrechenarten ihrerseits auch wieder in physikalische Dinge übersetzen, um die mathematische Analyse damit (elektro-)physikalisch zu synthetisieren. Grundannahme ist hier die - vom schriftlichen Alphabet epistemisch induzierte - Analysierbarkeit der Natur als solche (die Martin Heidegger dann wiederum als Sündenfall europäischer Naturwissenschaft hinterfragt). Diese Dinge heißen elektrotechnisch Integrierer, Summierer, Potentiometer, Multiplizierer und Funktionsgeneratoren. Was sich einmal als Differentialgleichung anschreiben lässt, kann somit auch in die Form einer Maschinengleichung gebracht werden - zunächst als Schaltbild, um dann als technisches Diagramm auch operativ zu werden. Der "(Un-)Zeit der Digitalisierung" tritt hier eine andere Rechenzeit gegenüber, insofern in elektronischen Analogrechnern die Zeit selbst (als Parameter t) als die stets unveränderliche Variabel (als x-Achse) fungiert. Was Edmund Husserl noch phänomenologisch als subjektive empfundenes "Zeitobjekt" definiert (etwa die Melodie), wird hier chrono-technisch.

Zur Debatte steht damit erneut der "Maschinen"begriff. Nur scheinbar stellt der Digitalrechner eine unveränderliche Hardware dar, der gegenüber der Analogcomputer je nach Rechenaufgabe immer neu konfiguriert ("gesteckt") wird. Denn im Sinne der Definition der Turingmaschine ("spezielle" TM gegenüber "universaler" UTM) ist der Digitalrechner gerade durch seine wechselnden Algorithmen (verkörpert als "Software") jeweils in einem neuen Maschinenzustand. Die von-Neumann-Architektur des Digitalcomputers "programmiert" nicht nur jeweils eine neue Maschine, sondern macht diese Programme ihrerseits in der Maschine selbst speicher- und damit rekursiv adressier- und abrufbar.

Der große Unterschied liegt nun in der Zeitlichkeit der mathematischen Operation. Während die Rechenelemente des Analogcomputers nahezu parallel arbeiten und damit die "Simulation" gegenwärtiger Prozesse in "Echtzeit" - und damit bei entsprechender Zwischenschaltung von Verzögerungs- oder Beschleunigungselementen auch Verlangsamung und Beschleunigung - erlauben (beide Begriffe entstammen, in Bezug auf Rechenmaschinen, der Welt der Analogrechner), rechnet der

548 Wolfgang Giloi /Rudolf Lauber, Analogrechnen. Programmierung, Arbeitsweise und Anwendung des elektronischen Analogrechners, Berlin / Göttingen / Heidelberg (Springer) 1963, 1

549 Siehe Bernd Ulmann, Analogrechner: Wunderwerke der Technik - Grundlagen, Geschichte und Anwendung, München (Oldenbourg) 2010, 7

Digitalcomputer strikt sequentiell und ist - wie Arithmetik auf Rechenpapier - auf die Zwischenspeicherung von Zwischenwerten angewiesen.⁵⁵⁰ Eben daher definiert Turing für den Digitalcomputer: "treat time as discrete". Dieser binären Diskriminierung steht im Analogrechner die stetige Spannungskurve gegenüber, als Modell des zu analysierenden Prozesses selbst.

Mit dem Digitalcomputer wird eine operative Mathematik wirksam, die Hochzeit von *numerischer* Mathematik und Zeit im Vollzug einer elektrophysikalischen Hardware, und damit implementiert in die wirkliche Welt - also die tatsächliche (Rechen-)Zeit mit einbeziehend.

Die digitale Rechnung löst sich vom Weltmodell ab und abstrahiert die physikalischen Verhältnisse vielmehr in eine Kodierungsform, die im Kern den Algorithmus selbst darstellt. Programmierung verliert somit den indexikalischen Weltbezug und fügt sich vielmehr einem *Technólogos* namens "Maschinensprache".

Zeichneten den Analogcomputer seine Optionen massiver Parallelität im Rechenprozeß aus, die allein durch die schiere Beschleunigung des Digitalrechners zugunsten seiner Zahlgenauigkeit wieder egalisiert wurde, kehrt der Analogcomputer - in geradezu technologischer Dialektik - wenn nicht als technische Form, aber als Prinzip (die *arché*) im Digitalcomputer selbst wieder ein, im Konzept des Continuous Computing, welches mit solchen "big data"-Mengen operiert, dass die Einzeldaten, obgleich aus mikroskopischer Sicht weiterhin strikt sequentiell verarbeitet, gleich einem Kontinuum behandelt werden können.⁵⁵¹ Und selbst die Energiebilanz - und damit die Verrechnung informatorischer Negentropie gegenüber physikalischer Entropie - sieht den Analog- gegenüber dem Digitalcomputer im Vorsprung.

Die materielle "Affordanz" des Digitalen: eine genuine Techno-Logik

Die binäre Zahlenrechnung war von Leibniz (inspiriert aus China) und Boole - als Mathematisierung der bisherigen philosophischen Aussagenlogik - rein kognitiv entwickelt worden. Claude Shannon entwickelt sie zur Masseinheit der Information weiter: "The choice of a logarithmic base corresponds to the choice of a unit for measuring information. If the base 2 is used the resulting units may be called binary digits, or more briefly bits, a word suggested by J. W. Tukey."⁵⁵² An dieser Stelle artikuliert sich genuine Techno-Logik, denn es ist die - im

550 Siehe A. Kley, Analogrechner, in: Kybernetische Maschinen, hg. v. Helmar Frank, Frankfurt / M. (S. Fischer) 1984, 174-183 (182)

551 Siehe Bruce MacLennan, Discrete vs. Continuous Computing. Taking Massive Parallelism Seriously, Webseite Research Gate [Eintrag 1995], 12

medienwissenschaftlichen Neudeutsch so formulierte - "Affordanz" (im Sinne eines technischen "Angebotscharakters" in den Science and Technology Studies) eines in der damaligen Kommunikationstechnik (Telephonie) selbstverständlichen Elements, das sich als Verkörperung dieser informatischen Logik aufrief: "A device with two stable positions, such as a relay of a flip-flop circuit, can store one bit of information" (Shannon ebd.).

[Die Distanz zwischen technischem Objekt und menschlichem Wissen wird hier - geradezu elektrotechnisch - überbrückt respektive aufgehoben: "An affordance cuts across the dichotomy of subjective-objective. [...] It is both physical and psychical, yet neither"⁵⁵³ - und damit eine Instanziierung des "extended mind"⁵⁵⁴.

Binäres Rechnen wird hier nicht allein mathematisch, sondern ebenso ingenieurstechnisch von der Materialität der buchstäblich zur *quasi*-logischen *Verfügung* stehenden Bauteile (elektromagnetisches Relais, elektronische Röhre) her verstanden.

„Der Eccles-Jordan-Trigger ist, was keine Röhrenschaltung vorher war, ein Gedächtnis. Es speichert das Inputsignal so lange, bis die Verbindung zwischen beiden Röhren unterbrochen wird oder der Heizstrom der Kathoden abgeschaltet wird.“⁵⁵⁵ Diese Schaltung wurde erfunden, um Spannungsimpulse zu zählen; „1-1 + 1-1“ begründet seithin die neue binäre Logik des Zählens (Siegert).

Arthur Burks greift auf den Eccles / Jordan-Trigger zurück, als er 1944 die Schaltkreise des Digitalrechners ENIAC entwirft. Der hauptsächliche Speicherschaltkreis ("remembering circuit") des ENIAC „consists of an Eccles-Jordan trigger circuit or flip-flop“⁵⁵⁶. Kommentiert Siegert: "Erst das nur von der Geschwindigkeit der Elektronen in seiner Schaltfrequenz limitierte Eccles-Jordan-Flipflop, das serielle Additionen in 32 msec möglich machte, schuf die Bedingung der Möglichkeit, von der parallelen Architektur des ENIAC abzugehen und für seinen Nachfolger, den EDVAC,

552 Claude Shannon, The Mathematical Theory of Communication, in: ders. / Warren Weaver, The Mathematical Theory of Communication, Urbana, Ill. (University of Illinois Press) 1963, 29-125 (32)

553 James J. Gibson, The theory of affordances, in: ders. (Hg.), The ecological approach to visual perception, Boston (Houghton Mifflin) 1979 , 127-143 (127)

554 Siehe Andy Clark / David Chalmers, The Extended Mind, in: Analysis, Bd. 58, Heft 1 (1998), 7-19

555 Siegert 2003: 405

556 Zitiert hier nach Siegert 2003: 406, unter Bezug auf: Arthur W. Burks, Electronic Computing Circuits of the ENIAC, in: Proceedings of the I.R.E., August 1947, 757

eine strikt serielle Datenprozessierung vorzusehen."⁵⁵⁷ Die schiere Geschwindigkeit von Rechnen auf Basis von Elektronenröhren erlaubte die Abkehr von der parallelen Datenverarbeitung: „[T]o gain speed was no longer needed and so it was decided to store numbers serially and process them serially. The guiding principle of EDVAC design was: One thing at a time, down to the last bit!“⁵⁵⁸ Auf der Macy-Konferenz aber erinnert Norbert Wiener an die zeitkritische „distinction between the digital and analogic. The distinction is not sharp [...] a certain time of non-reality [...]“⁵⁵⁹.

Onomatopoesie: „Flip-flop“

Ausgesprochen wie hingeschrieben vollzieht sich in der Bezeichnung „Flip-Flop“ tatsächlich das, was gemeint ist: die Umschaltung von einem in den anderen Zustand durch eine minimale Lautverschiebung zwischen zwei Vokalen i → o. Zwei Spannungswerte der Tonfrequenzen dienen hier der „binären“ Unterscheidung. Diese Aktustik des Digitalen scheint in der Ur-Schrift von Eccles / Jordan 1919 auf: im Daumenschnipsen, das hinreicht, am empfindlichen Telephonhörer einen Umschaltimpuls im angeschlossenen Trigger-Relay-Kreis auszulösen: „Using a telephone transformer of the kind made for Army C Mk. III. Amplifier with 20 ohms resistance in the primary, and with the primary connected to a [...] telephone of 60 ohms resistance, the relay is operated with certainty by snapping the thumb and finger at a distance of five feet from the telephone.“⁵⁶⁰

Mißbrauch von Elektronik: Die Röhre in der Rolle der Relais (digital)

Das digitale Gedächtnis beginnt mit dem Relais. Dieses medienepistemische Ding wird durch eine entsprechende Schaltung in einen von zwei unterschiedlichen Zuständen versetzt, den es sich merkt und mithin speichert; ein solcher Kippschalter *ist* nicht nur in einem Speicherzustand, sondern *hat* ihn auch. Die technische Anordnung des

⁵⁵⁷ Siegert 2003: 406

⁵⁵⁸ William Aspray / Arthur Burks, Computer Architecture and Logical Design, in: Papers of John von Neumann on Computing and Computer Theory, hg. v. William Aspray / Arthur Burks, Cambridge, Mass. / London / Los Angeles / San Francisco 1987, 5 f, zitiert hier nach Siegert 2003: 406

⁵⁵⁹ Wiederabdruck in: Pias (Hg.), Cybernetics / Kybernetik.. The Macy-Conferences 1946-1953, Bd. 1: Transactions / Protokolle, hg. v. Claus Pias, Zurich / Berlin (diaphanes) 2003, xxx

⁵⁶⁰ W. H. Eccles / F. W. Jordan, A Trigger Relay Utilising Three-Electrode Thermionic Vacuum Tubes, in: Radio Review Bd. 1 (Dezember 1919), 143-146; Reprint in: Swartzlander (Hg.) 1976, 298-300

elektromagnetischen Relais „artikuliert“ die Differenz von analog und digital; digital „zählt“ es, buchstäblich.

Das einmalige gegeneinander Ein- und Ausschalten von zwei Elektronenröhren (Trioden) in der Eccles / Jordan-Schaltung von 1919 inkubiert nicht historisch, sondern als „intrinsischer Nebeneffekt“ (Dennhardt) bereits das Kernmoment der Digitalcomputer, als äußerst empfindlicher Auslöseschalter, eben ein „Trigger Relay“. Buchstäblich entscheidend ist hier ein zeitkritisches Ereignis, nämlich ein Impuls – weshalb Computerwelten auch nicht mehr hinreichend ins Ressort der allgemeinen Zeichenlehre namens Semiotik fallen.

Bistabile Kippschaltung als Mißbrauch der Elektronenröhre

Der Elektronenröhre, entwickelt zur Verstärkung (Triode) oder als Ventil (Diode) etwa in der Radiotechnik, wird Gewalt angetan, wenn ein und dasgleiche Artefakt nun als digitaler Schalter umgenutzt, also abrupten Spannungsschwankungen ausgesetzt wird. Attraktiv war diese Umnutzung, weil sie im Gegensatz zum elektromechanischen Relais nicht mit mechanischer Trägheit, sondern mit der Geschwindigkeit von Elektrizität selbst schaltet und damit den Computer als Emulator von neurologischen Prozessen ermöglicht.

Analog dazu, wie erst die Elektronenröhre dem Rundfunk zum Durchbruch verhalf, setzten „zählende“ Röhrenschaltungen (binäre Kippschalter) das medienarchäologisch längst gültige Paradigma diskreter Kodierung und Berechnung als Digitalcomputing durch. In dieser „Welt für sich“ wird die Elektronenröhre zum theoretischen Modellfall von Mediengeschichte. In der mit verbundenen Programmierbarkeit, Synchronisation und Koordination paralleler Prozesse gewinnt der Parameter Zeit eine ebenso tragende wie kritische Funktion.

Die Epistemologie der technischen Simulation macht erst im Echtzeitbereich von Gegenwart Sinn. Mit Programmierumgebungen wie MatLab, Simulink und SuperCollider wird die Elektronenröhre ihrerseits vom Subjekt zum Objekt einer operativen Modellierung.⁵⁶¹

Die Kippschaltung als Wissensgeschichte erzählen?

„Zu erzählen wäre [...] die dramatische Geschichte, wie Elektronenröhren seit 1920 mühsam dazu gebracht worden sind, ihre Eingangssignale nicht mehr einfach und das heißt analog zu verstärken, sondern vielmehr

561 Realisiert von Martin Carlé 2004 im Signallabor des Masterstudiengangs Medienwissenschaft der HU Berlin

zu zählen und das heißt in digitalen Ziffern auszugeben.“⁵⁶² Diese Geschichte ist nun erzählt, von Robert Dennhardt, in aller Direktheit. Am Ursprung des elektronischen Digitalcomputers steht ein Mißbrauch, geradezu die Vergewaltigung eines Elements der Radiotechnik. Man muß als Leser nicht erst umständlich zwischen den Zeilen suchen, sondern bekommt die maßgebliche Archiv-Trouvaille und das Hauptargument schon auf dem Buchcover unmittelbar zu Gesicht: die Eccles-Jordan-Schaltung und das inzwischen deklassifizierte (~~“CONFIDENTIAL“~~) typographische Dokument von 1942, worin erstmals (im Sinne von: historiographisch nachweislich) der Begriff *digital* (hier wirklich noch in Anführungsstriche gesetzt) vorgeschlagen wird, um den numerischen Computer von solchen Analogcomputern zu unterscheiden, die mit physikalischen Größen als Modell von Mathematik operieren.

Der Geschichtskritiker fragt zurück: Ist für solche Wissensverhältnisse die klassische, etwa technikhistorische Erzählung die passende Darstellungsweise, ohne hier gerade den wesentlichen Punkt, die medienontologische Wendung zum Digitalen als dem diskret Zählenden, zu verharmlosen? Sache ist jetzt das, was zählt, nicht mehr das, was erzählt werden kann. Jenes Netz an impliziten und expliziten Verweisungen *qua* Fußnoten, jenem Ur-Moment von Hypertextualität (im Sinne von Vannevar Bush ebenso wie von Ted Nelson), denen Dennhardt so erfolgreich nachjagt, vollzieht bereits einen anderen, non-narrativen Modus dessen, was bislang Erzählung hießt, eher auf Seiten des Archivs denn der Historie, die hier so offensichtlich als Modell versagt, um jene Lücken zu füllen, die sich zwischen 1919 und 1942 in der (Begriffs-)Geschichte des Flipflop auftun. Von den Lücken her zu denken, ja geradezu mit ihnen als Diskontinuitäten zu rechnen (wie mit der Null) ist eine medienarchäologische Tugend.

Damit ist die Frage aufgeworfen, ob eine sogenannte „Wissensgeschichte“ die angemessene Methode ist, solche Verhältnisse und Dynamiken zu beschreiben. „Nicht nur die Schaltungen nebst ihrer Entdecker sind für eine Wissensgeschichte des elektronischen Digitalcomputers von Interesse, sondern die unter und zwischen ihnen verschütteten mythenbildenden Artefakte und apparativen Reste“ (Dennhardt).

Die Agenten dieser Nicht-Geschichte sind also *non-human agencies* des Wissens, wie sie Bruno Latour ansatzweise formuliert, dann aber nicht in ihrer Konsequenz zu Ende zu denken wagt. „Die Hauptrolle einer derartigen Wissensgeschichte des Digitalcomputers müssen die Apparate und Schaltungen spielen“⁵⁶³ - vor allem auch die (im Sinne des Archivs

562 Friedrich Kittler, Hardware - das unbekannte Wesen, in: LAB. Jahrbuch der Kölner Kunsthochschule für Medien

563 Robert Dennhardt, Die Flipflog-Legende und das Digitale. Eine Vorgeschichte des Digitalcomputers vom Unterbrecherkontakt zur

und der Medienarchäologie) „verschütteten“ Monumente, seien es die symbolischen (Dokumente), seien es die medienarchäologisch realen (apparative Reste).

Die Akteure einer Geschichte des Flipflop sind neben den handelnden Personen (Erfinder, Akademiker und Ingenieure) ebenso technisch handelnde Apparate, deren Beschreibungen in Bild und Schrift sowie das in ihnen gespeicherte und durch sie kommunizierte technologische Wissen. „Als dritte Art treten sowohl administrative Strukturen der Wissenschaft, Industrie und Militär, wie beispielsweise Labore und Institute, als auch kommunikative Strukturen, zuvorderst wissenschaftlich-technische Journale auf. Zu den drei genannten Akteuren quer steht eine vierte Art – technische Begriffe, Namen und Termini. Zwar werden diese von Personen geprägt und wissenschaftsadministrativ kommuniziert, zugleich führen sie jedoch auch ein Eigenleben. Danach kann der Name einer Schaltung ebenso unter einer ähnlichen stehen oder die gleiche Schaltung kann vermittels verschiedener Namen gänzlich unterschiedliche Technologien anschreiben und somit verschiedenes Wissen transportieren.“⁵⁶⁴

Daneben aber gibt es ein Wissen des Flipflop nach eigenem Recht – das sich mithin der Historie (und damit einer Wissensgeschichte) entzieht. Bereits Turing schreibt 1936, daß seine symbolische Maschine in jedem Moment ein Bewußtsein (“conscient”) ihres Zustands besitzt. Dies gilt zugespitzt für das Relais: „Ein Kippschalter ist der vielleicht einfachste nicht triviale endliche Automat. Dieses Gerät weiß [sic], wann es sich in im Zustand *Ein* oder *Aus* befindet, und es ermöglicht dem Benutzer, einen Schalter zu drücken, der, abhängig vom Zustand des Kippschalters, eine unterschiedliche Wirkung hat. Wenn sich der Kippschalter im Zustand *Aus* befindet, dann wird er durch das Drücken des Schalters in den Zustand *Ein* versetzt“⁵⁶⁵ - und umgekehrt. Claude Shannon hat dies als die ultimatische Maschine, das sich selbst ausschaltendes *on / off*-Spielzeug gebaut. Das unvorhersehbare Phänomen des *bit flipping*, also der Selbstumschaltung vom Spannungswert Null in Eins *vice versa* auf der grundlegendsten elektrophysikalischen Ebene, unterläuft selbst dieses logische Spiel der symbolischen Ordnung im Zeit-Realen.

Bonch-Bujevitch und die Frage nach dem Ursprung

Dennhardt untertitel seine *Genealogie der Flipflop-Legende* ausdrücklich als „Vorgeschichte des Digitalcomputers“. Vorgeschichte aber fällt im Fächerkanon der Universität nicht ins Reich von Historikern (auch nicht

Röhrenelektronik 1837-1945, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009, 8

564 Dennhardt 2009: 8

565 John E. Hopcroft / Rajeev Motwani / Jeffrey D. Ullman, Einführung in die Automatentheorie, Formale Sprachen und Komplexitätstheorie, 2. überarb. Aufl. München (Pearson Education) 2002, 13

von Technik- und von Kulturhistorikern), sondern von Archäologie, genauer: die sogenannte Prähistorische Archäologie. Medienarchäologie widmet sich der Prähistorie des Digitalen. Damit ist nicht schlicht eine chronologisch vorauslaufende Epoche gemeint, sondern – epistemologisch brisanter – eine alternative Weise, die Zeitweisen sogenannter Digitalcomputer zu schreiben.

Die Chronik von Technik verzeichnet die Koemergenz des Eccles-Jordan-Trigger und von Bonch-Bujevitchs Schaltung.⁵⁶⁶ Am 27. April 1918 berichtet Michail Alexandrovich Bonch-Bruyewitch vor der Russischen Gesellschaft der Radio-Ingenieure über den von ihm (erstmalig) erfundenen vollelektronischen „Flip-Flop“ *avant la lettre*; im Oktober des gleichen Jahres publiziert er den Befund im monatlichen Fachorgan *Wireless Telegraph and Telephone Engineering* (russisch, St. Petersburg). Was besagt diese Gleichzeitigkeit? Pendelt Wissen synchron? Hier ist vielmehr der Begriff von Gleichursprünglichkeit angebracht. Umgangssprachlich gilt hier, daß ein Wissen „in der Luft liegt“, weil ein Wissen um elektronische Vollzugsweisen neu entdeckt und in den internationalen Zeitschriften heftig (und weitgehend offen) verhandelt wird. Ein Netz neuen Wissens verdichtet sich und zeitigt so an verschiedenen Orten ähnliche Entdeckungen und Erfindungen. Medienepistemische Dinge finden sich also mit gleichursprünglicher Notwendigkeit.

Gibt es eine Geschichte der digitalen Kippschaltung? Beschreibbar sind entscheidende Knotenpunkte in der Geschichte der Elektromathematik, etwa Bonch-Bujevitchs, Eccles / Jordans der auch Tuners Entdeckung des *trigger relay*; ebenso beschreibbar ist die nachträglichen Erklärung solcher Wissensmomente zur Vorgeschichte des Digitalcomputers. Sofern Mediengeschichte einen nicht-akzidentiellen Zufallsbegriff nicht kennen will, stellt sich die Frage, nach welcher verborgenen Logik hier ein alternativer Schaltplan der Geschichte sich entfaltet.

Eccles und Jordan wollten mit ihrem Trigger Relay die in der Meißner-Schaltung realisierte Rückkopplung verbessern; das damit zwangsläufig einhergehende Ein- und Ausschalten der gegenseitigen Elektronenröhren stellte vielmehr einen „intrinsischen Nebeneffekt“ (Dennhardt) dar. Auch in der Triggerschaltung des Ingenieurs Michail Bonch-Brujewitch von 1918 war dies auf der Basis von Kathoden-Relais *impizit* realisiert, aber nicht explizit artikuliert als das Umschalten zwischen den beiden Zuständen, die später (computer-)logisch Null und Eins heißen werden.

Damit sucht der medienarchäologische Blick zu resonieren, der die ahistorische Logik elektrophysikalischer und technomathematischer

⁵⁶⁶ Dazu Georg Trogemann / Alexander Nitussov / W. E. (Hg.), *Computing in Russia. The history of computer devices and information technology revealed*, Braunschweig (Vieweg) 2001

Verhältnisse am Werk der Medien sieht, invariant gegenüber einer diskursiv relativierenden Mediengeschichtsschreibung. Die medienarchäologische Perspektive ist hier ganz und gar naturwissenschaftlich im Sinne der gegenüber kulturhistorischen Kontexten weitgehend invarianten Replizierbarkeit der technischen Ereignisse.

Die Skripte für Darsteller im Medientheater sind Schaltpläne und technische Zeichnungen. Diese lassen sich nicht auf eine Funktion kultureller diskurse oder gar (Bild-)Rhetoriken reduzieren, denn so beliebig diskursiv verfügbar sind sie nicht. Der Test darauf ist ihre Funktion.

Eine Frage der Wissensgeschichte lautet: Wie abhängig ist Wissen vom wissenschaftlichen Zitiertwerden? Darauf antwortet Infometrie; dem gegenüber steht die Auffassung von Wissen als impliziter Welt quer zur menschlichen Kultur: Es ist ein physikalisches Wissen, das gewußt werden will. Infometrie macht die Inkubationszeit von Erfindungen, nicht aber die Eigenlogik ihres impliziten Wissens berechenbar.

Medienarchäologie lässt sich quasi techno-hermeneutisch auf die Perspektive aus Sicht der Medien selbst ein. Charles R. Gibson verfaßte Anfang des 20. Jahrhunderts die *Autobiography of an electron*. Er läßt darin ein Elektron die Wissensgeschichte der Elektronen erzählen, indem es zunächst an das vernehmende Gehör eines Menschen appelliert. Gleich eingangs von Kapitel 1 heißt es hier: „Es gibt Menschen, die erzählen, wir seien erst seit wenigen Jahren auf der Erde. Diese Behauptung ist natürlich recht töricht. Entdeckt wurden wir allerdings erst vor ganz kurzer Zeit, vorhanden waren wir jedoch schon immer.“⁵⁶⁷ Wieder scheint hier das *double-bind* von historischem Index und ahistorischer Vorgänglichkeit (Gleichursprünglichkeit) auf. Thales von Milet experimentiert mit dem durch Reibung eines trockenen Textils an Bernstein entspringenden – und damit elektromagnetische Wellen „sendenden“ – Funken; lange aber bleiben die Instrumente mangelhaft, um auf die mikrophysikalische Ebene der Elektronen vorzudringen. Anhand von Kathodenstrahlphänomenen im evakuierten Rohr werden sie manifest. Doch die Erzählung klingt aus mit der Warnung, dem Appell des Elektrons an die Menschen (was auch Heinrich Hertz beherzigte (mit seinem Exkurs über die „Scheinbilder“) – zugleich eine Antwort auf Jan-Peter Sonntags forschungskünstlerischer Erkundung des „Wesens der Elektrizität“: „Ein grobes Bild und nie das Wesen der Dinge, das ist die Tragödie der menschlichen Wissenschaft, und darüber kommt ihr nimmer hinaus, weil ihr nur in Bildern zu denken, zu fassen vermögt.“⁵⁶⁸

567 Charles R. Gibson, Was ist Elektrizität? Erzählungen eines Elektrons, autorisierte dt. Bearb. v. Hanns Günther, Stuttgart (Kosmos Franckh) 1911, 11

568 Gibson 1911: 99

Alternativ dazu aber gibt es das unanschauliche Werkzeug der (Techno-)Mathematik.

Solch ungeahntes Wissen inkubiert die Eccles / Jordan-Schaltung, die unversehens eine eigenartige Nebenfunktion zeitigen wird – das Flipflop *avant la lettre*. Denn plötzlich kann die Röhre, zu zweit gekreuzt in einem Eccles-Jordan-Schaltkreis – vormals Durchgangsmedium für Elektronen- und Radioströme – selbst als Speicher für eine Binärstelle dienen.⁵⁶⁹

Der bistabile Kippspeicher als der Technológos der Digitalisierung

Es ist der bistabile Kippspeicher, in dem sich der Technológos der Digitalisierung als technomathematische Kernereignis konkretisiert. Am Ende der Erkundung dieses aktiven elektronischen Bauteils der "Digitalisierung" aber stellt sich die Frage, in welchem Verhältnis das Symbolische der logischen Kodierung zum Realen seiner technologischen MateRealisierung steht - mithin die Frage nach dem Technológos der Digitalisierung. Wird hier der physikalischen Welt ein ihr Uneigentliches aufgezwungen, oder ihr nicht vielmehr umgekehrt durch technische Erkundung eine ihrer möglichen Existenziale entlockt? Dann wäre die Rede von der "Digitalisierung" schon an der Wurzel und im Ansatz (*en arché*) verfehlt, da sie eine Metaphysik des Analogen überhaupt erst hervorbringt.

DIGITALES COMPUTING ALS (ZEIT-)FUNKTION BINÄRER SCHALTUNG

"Treat time as discrete" (Turing)

Radikale Medienarchäologie sucht die Frage nach der „Zeit“ nicht mehr schlicht medientechnisch zu „erden“, sondern geht durch Infragestellung der „Zeit“ selbst auf's Ganze. So setzte Kittler „immer dort, wo bei Heidegger die Etymologie Auskunft über Ursprung und Wesen geben sollte, die Mathematik ein – bis es zumindest so aussah, als müsse ‚Sein und Zeit‘ durch die Turingmaschine vollendet werden“⁵⁷⁰. Zeitrechnung und Rechenzeit verschränken sich im Computer.

Während "Temporalität" als Zeitlichkeit in der existenzialen philosophischen Analyse den Fluchtpunkt darstellt⁵⁷¹, wird sie in der

569 Johannes Arnold, Abenteuer mit Flipflop, Halle 1970, 16

570 Thomas Steinfeld [18/10/11], Nachruf auf Friedrich Kittler: Spekulant über die Zeichen, sueddeutsche.de, Abruf: 18/06/20

571 Siehe

https://de.wikibooks.org/wiki/Martin_Heidegger/_Sein_und_Zeit/_Zweites_Kapitel_%C2%A7%C2%A7_5%E2%80%9338#cite_note-4, Zugriff 3.

Turingmaschine temporeal. Damit verwunden ist in der Theoretischen Informatik das sogenannte Halteproblem: Zu einem beliebigen Programm und einem Satz von Eingabedaten soll entschieden werden, ob dieses Programm mit diesen Daten nach *endlicher* Zeit stoppt oder nicht. Diese Frage ist nachweislich unentscheidbar.⁵⁷²

Durch die Hintertür kommen dabei genau jene Materie und Energie wieder ins Spiel, die durch den Informationsbegriff theoretisch eskamotiert worden waren und im "Bitcoin" zur Währung selbst wurde. Diese Kryptowährung bezieht ihre Macht gerade daraus, dass ihre "Blockchain"-Verkettungen nicht in polynomaler Zeit nachrechenbar sind. Dennoch verkündet der "grüne" Autokonzern Tesla am 13. Mai 2021 den Ausstieg aus der Option, seine e-Automobile per Bitcoin zahlen zu lassen, mit der Begründung, dass das *mining*, d. h. eine neue "Münze" einen ökologisch nicht vertretbaren Rechenenergieaufwand bedeutet. Der Gewinn an übertragungssicherer, negentropischer Zeit-Währung ist also um den Preis einer energetischen Entropie erkaufte. Die Macy-Konferenzen zur Kybernetik hatten die Plausibilität der Digitalisierung gegenüber dem Analogcomputer gerade damit begründet, dass die "time of non-reality" zwischen binären Schaltzuständen buchstäblich nicht zählt. Unter den Bedingungen massiver "big data" aber schlägt selbst dieses räumliche Dazwischen, und zeitliche Inzwischen, zu Buche.

Symptomatisch für ein TempoReal in Programmiersprachen ist der treffend so benannte „Sprungbefehl“ (if/then, for/while), graphisch ablesbar durch Pfeile im Flußdiagramm. Diese nonlineare Adressierung im Quellcode, welche die auf-zählende Adressensequenz überspringt, ist im Symbolischen das Äquivalent zum „Wurmloch“ im physikalischen Realen. Der Computer vermag solche *unzeitlichen* Anweisungen zu operationalisieren.⁵⁷³ Die nonlineare Bifurkation, d. h. die abrupte Verzweigung, entspricht dem Zeitwesen und den Zeitweisen digitaler Medienprozesse.

Der Theorie des Vierdimensionalismus zufolge existieren analog zu Objekten, welche Abschnitte im dreidimensionalen Raum einnehmen, auch solche, welche dies ergänzend für äquivalente Zeitabschnitte realisieren, "also 'Zeitscheiben' besitzen oder als 'Zeitwürmer' vorstellbar

Oktober 2015

572 Siehe Juraj Hromkovič, Theoretische Informatik. Formale Sprachen, Berechenbarkeit, Komplexitätstheorie, Algorithmik, Kommunikation und Kryptographie [2001], 4., aktualisierte Auflage Wiesbaden (Vieweg + Teubner) 2011, 259

573 Siehe Stefan Höltgen, JUMPs durch exotische Zonen. Portale, Hyperräume und Teleportationen in Computern und Computerspielen. In: Thomas Hensel, Britta Neitzel und Rolf Nohr (Hg.), "The Cake is a Lie!" Polyperspektivische Betrachtungen des Computerspiels am Beispiel von "Portal", Münster (LIT) 2015, 107-134

sind"⁵⁷⁴.

Für logisch (wenn nicht energetisch) abgeschlossene Systeme wie den Digitalcomputer existiert eine *interne* Tempoealität. Diese eigentlich innertechnische, technologisch immanente Chronopoetik ist eine *Unzeit*, denn „[d]ie *individuelle, subjektive* Zeit weicht davon [...] stark ab“⁵⁷⁵.

Technologische Zeitlichkeit unterscheidet sich von der phänomenologischen Zeitlichkeit. Die „Geworfenheit“ (Heidegger) des bewußt reflektierten menschlichen Daseins, nicht eine vorgegebene physikalische Zeit, ist der Grund dafür, daß sich ein Zeitbegriff ausbildete. „Zeit gibt es immer nur *im Bezug* zu uns, die wir wesenhaft zeitlich sind, wir entdecken sie nicht erst in der Welt als von uns unabhängig, wohl aber messen wir sie mit in der Welt Vorhandenem [...].“⁵⁷⁶

Dem gegenüber lautet die Ambition techniknaher Medienwissenschaft, die philosophische und ästhetische Begrifflichkeit der „Zeit“ mit einer medienarchäologisch scharfen Analyse dessen zu flankieren, was sich signaltechnisch tatsächlich ereignet. Kittlers Formulierung der Identifizierung einer V2-Rakete im Flug durch Radar nimmt die Frage nach der Zeit in Augustins *Confessiones* auf, verbunden mit dem Vorschlag, die Zeitlichkeit des Raketenfluges mit mathematischer Infinitesimalrechnung zu fassen.⁵⁷⁷ Kittlers Frage nach der Zeit ist angeregt durch Heidegger, seine Antwort jedoch meß- und rechentechnisch (wogegen Heidegger wiederholt anscrieb)

Nachdem Bewegung als „verfließende“ durch getaktete Räderuhrwerke bislang durch diskrete Messung überhaupt erst zur „Zeit“ (im Sinne ihrer aristotelischen Definition) wurde, indem der Takt die numerische Abzählbarkeit automatisierte, verlangt es Alan Turing zufolge der symbolverarbeitende Computer, im Unterschied zum Analogcomputer Diskretheit aktiv in die (Rechen-)Zeit einzuführen: „Treat time as discrete.“⁵⁷⁸ Damit aber wird ein transzendenter Zeitbegriff durch eine Form der Operativität abgelöst, durch die Unzeit des Digitalen.

574 https://de.wikipedia.org/wiki/Schiff_des_Theseus, Abruf 31. Juli 2020, unter Bezug auf: Theodore Sider: *Four-dimensionalism. An Ontology of Persistence and Time*, Oxford (Oxford University Press) 2005

575 Völz 2019: "Vorwort"

576 So summiert Wikibooks das sechstes Kapitel (§§ 78–83) in Martin Heideggers *Sein und Zeit*,

https://de.wikibooks.org/wiki/Martin_Heidegger_%E2%80%9ESein_und_Zeit%E2%80%9C/_Sechstes_Kapitel_%C2%A7%C2%A7_78%E2%80%9383#cite_ref-11; Abruf 21. August 2020

577 Friedrich Kittler, *Real Time Analysis, Time Axis Manipulation*, in: ders., *Draculas Vermächtnis. Technische Schriften*, Leipzig (Reclam) 1993, 182–209 (205 f.)

Algorithmus, Daten und Takt konvergieren zum „Algorhythmus“ (Miyazaki). Turing diskutiert dies im Zusammenhang den Acoustic Delay-Speicher, der ganze Datenworte zu verzögern und damit zwischenzuspeichern erlaubt.

Erst die technisch erzwungene Synchronisation, also symbolisch geordnete Zeit (im Unterschied zum entropischen Zeitpfeil thermodynamischer Irreversibilität), erlaubt als Möglichkeitsbedingung die Zuverlässigkeit komplexer digitaler Datenverarbeitung - bis an die Grenzen des Energieverbrauchs immer höher getakteter Computerzyklen. Die Ordnung der Zeit durch den Takt ist ein entscheidendes Kriterium (mithin also „zeitkritisch“) für die Stabilität der diskreten Rechentechnik. Norbert Wieners Begriff einer „time of non-reality“ zwischen binären (Um-)Schaltzuständen wird damit verkehrt, denn „[g]enau genommen wird in den Zwischenzeiten des Taktes gerechnet. Da viele winzige Recheneinheiten (z.B. digitale Gatter) gleichzeitig und nebenläufig (engl. *Concurrent*) aber unterschiedlich schnell arbeiten, gäbe es ohne den Takt, der die Zeit ordnet, unbeherrschbares Chaos. Die Zeit wird durch den Takt mikroskopisch in Rechenzeit und Ruhezeit quantisiert, die Ruhezeit wird aus Zeit-ökonomischen Gründen [...] zwar möglichst minimiert, ist jedoch zum sicheren Austausch der Informationen unabdingbar. Mehr noch, man kann sie auch beliebig verlängern, da in heutiger Halbleitertechnologie in der Ruhezeit keine elektrische Leistung aufgenommen wird, dient sie der Leistungs-Ökonomie, z.B. der Akkulaufzeit“ (Frank Winkler ebd.).

„Noch tiefer“ - mithin also radikal medienarchäologisch - „in die digitale Schaltungstechnik geschaut: Vor jedem Taktwechsel, z. B. 0 -> 1 wird eine ‚setup‘ Zeit definiert, bis zu der alle Gatter fertig sein müssen - und bei korrektem Design auch werden“ (Winkler ebd.).

Der binäre Schalter und das Zeitmomentum

Elektronisches Rechnen im digitalen Modus ist buchstäblich zeitkritisch; Zeit kommt hier zurück auf ihren etymologischen Ursinn: die (als artikulierte Sprache dann noch einmal operativierte) „(Ab-)Teilung“. Kritisch ist hier die Implosion der Zeit zwischen den Pegelzuständen Null und Eins. So führte die Schottky-Diode, "bei der eine Sperrschicht zwischen einer Halbleiterschicht und einer Metallschicht erzeugt wird", zu einer "deutlich schnelleren Schaltzeit gegenüber normalen Halbleiterdioden"⁵⁷⁹. Diese Schnitte im Mikrosekundenbereich bilden gegenüber der weitgehenden Hardwarevergessenheit

578 Alan Turing, Proposal for Development in the Mathematical Division of an Automatic Computing Engine (ACE), in: B. E. Carpenter / R. W. Doran (eds.), A. M. Turing's ACE Report of 1946 and other Papers, Cambridge, Mass., et al. (MIT Press) 1986, 20-105 (23)

algorithmenfixierter Informatik die tatsächliche Ereignisebene des binär kodierten Computers, wo durch entsprechende Schaltungen aus einer sanften Schwingungen harte binäre Schnitte werden. Für die prozessierende Apparatur müssen zwei Signalpegel nur hinreichend unterscheidbar sein. Dieser Unterschied aber ist nicht absolut, sondern eingebettet in ein zeitliches Feld – die von Norbert Wiener so definierte *time of non-reality* als konkreteste Unzeit des Digitalen: „Eine gewisse Zeit der Unwirklichkeit macht, wenn es genügend forciert wird, jedes Gerät digital“, so Wiener.⁵⁸⁰ Wird nicht nur die symbolische Logik, sondern der physikalische Zeitverbrauch ihrer konkreten Implementierung berücksichtigt, erweist sich jedes digitale Gerät als Grenzfall des Analogen. In dieser elektronischen Zeitfalte liegt ein dramatischer Moment geborgen, der vom Informationsbegriff zunächst zum Verschwinden gebracht wird – ebenso wie jeder binäre Schalter in seiner konkreten technischen Realisation immer nur die Näherungen eines Rechteckpulses darstellt. Allein in der digitalen Abstraktion ist die Fourier-Synthese einer Rechteckschwingung kein Oxymoron.

In der technikhnen Analyse wird das Hybrid des "Digitalen" konkret. So wurde etwa der Operationsverstärker als Rechenelement zur Ermittlung binärer Ausgänge (als Spannungskomparator in Analog-zu-digital-Wandlern) zunächst für den Analogrechner entwickelt. Und durch den Vergleich des gemessenen Signals mit einem intern generierten Sägezahn ergibt sich in Digital-Verstärkern aus den Schaltpunkten eine Pulslängenmodulation.⁵⁸¹

[Abb. 2 D-Verstärker mit Pulslängenmodulation, in: Völz 2019: 128]

Digitale Röhrenschaltungen, aus denen die vollelektronische Computertechnik entstand, gründen in vormalig „analogen“ Schaltungen, in die Rückkopplungspfade eingeführt wurden. „Durch deren Wirken können die Schaltungen dann nur noch bestimmte, diskrete (= abzählbare) stabile Zustände annehmen.“ An dieser Stelle wird die medienanalytische Differenzierung zwischen „digital“ und „binär“ entscheidend: „‘digital‘ heißt ja schlicht und einfach: Mit den Fingern abzählbar, ‚digitus‘ = Finger, also diskrete, voneinander abgegrenzte Zustände.“⁵⁸² Die mithin zur Metonymie der „digitalen Medien“ bekannt gewordene binäre Schaltungstechnik mit ihren zwei Zuständen, die es

579 Eintrag "Schottky-Kontakt", in: Hans Herbert Schulze, Computer Enzyklopädie. Lexikon und Fachwörterbuch für Datenverarbeitung und Telekommunikation, Bd. 6, Reinbek bei Hamburg (Rowohlt), 1989, 2350-2352 (2354)

580 Zitiert nach Pias 2004: 304 f.

581 Horst Völz, Verstärken und Vermindern, in: Hiller / Höltgen (Hg.) 2019: 127-134 (129)

582 Henry Westphal (TIGRIS Elektronik, Berlin), elektronische Nachricht vom 27. November 2007

erlaubt, für die logischen, bislang rein philosophischen (Boolschen) Aussagewerte „wahr“/ „falsch“ ein funktionales Äquivalent in der technischen Welt zu finden (Shannon 1937), nämlich die Stromspannungswerte „high“ / „low“ (materiell realisiert etwa im Flipflop, der seit 1919 bekannten Eccles-Jordan-Schaltung, ist nur ein Sonderfall anderer technischer Varianten des Digitalen, etwa das Rechnen mit dem dezimalen Zahlensystem, also entsprechenden 10 Zuständen, die durch 10 unterschiedliche Spannungen repräsentiert werden. „Das System ist [...] nur bei diesen diskreten Spannungswerten stabil, Zwischenwerte sind nicht möglich. Dies geschieht durch Ablenkung eines Elektronenstrahls auf eine gestanzte Struktur“ (Westphal ebd.), also die materiell implementierte symbolische Ordnung. Die Rückkopplung geschieht über die Verbindung der Auffangelektrode mit einer der Ablenkplatten eines sehr komplexen Systems aus Elektronenröhren. „[D]erartige Röhren wurden bis in die mittleren 1960's hergestellt, heute ist diese Art der Digitaltechnik zugunsten der binären Technik vollständig verschwunden“ (Westphal ebd.).

Zeitkritische Signale: Sägezähne, Kippspannungen

Elektronisch erzeugte Kippschwingungen bilden den Grenzfall des Analogen zum Digitalen. Oszillationen in Sägezahnform resultieren daraus, dass ein Kondensator periodisch bis zu einer bestimmten Spannung geladen wird und sich dann schlagartig entlädt – nicht makroelektrische, sondern mikroelektronische Blitze. Keine metaphorische, sondern eine analytische Sonifizierung oder Audifikation ist es (als Akt medienakustischer Wissensarchäologie, als die Herstellung akustischen Wissens), wenn ein Kondensator, der mit einem Ohmschen Widerstand zu solch blitzschnellen Wiederauf- und Entladungen gekoppelt ist, durch einen Piezo-Schallwandler ersetzt wird, der selbst bekanntlich bereits einen Kondensator darstellt. Wegen dessen geringerer Kapazität ergibt sich dabei zunächst eine höhere Frequenz der Kippschwingung, *hörbar* als gleichmäßiger Ton. Um die Frequenz zu verkleinern, wird er mit mehreren Kondensatoren parallel geschaltet, bis die Frequenz auf unter einen *Impuls* pro Sekunde sinkt – nicht Ton, nicht Signal, und damit – gleich dem klassischen Metronom – zum Chronometer wird. Dies ist ein kleiner Schritt in elektrotechnischer Hinsicht, ein großer hinsichtlich der Medienepistemologie von Rhythmus, Takt, und Uhr.

Aufge(sc)hobene Zeit: Für eine Theorie technischer Zwischenspeicher

Im bistabilen Kippschalter – dem Flipflop in seiner zunächst elektromechanischen, dann vollelektronischen Form – wird das technomathematisch abstrakte *computing* konkret, als Kopplung des digitalen Speichers an das binär-diskrete Takten als Technik zu seiner

Synchronisation. Medienepistemisch entscheidend ist hierbei die Praxis der Zwischenspeicherung. Dynamische Datenverarbeitung in elektronischer Geschwindigkeit wurde erst möglich durch die Zwischenspeicherung von Rechen- wie Programmdateien als Nullen und Einsen (symbolisch) respektive binären Stromspannungen (real) in systeminternen Arbeitsspeichern in Form beliebig vieler Binärspeicher aus verschalteten Elektronenröhren⁵⁸³ - ein Konzept, das seit John von Neumanns First Draft Report on the EDVAC von 1945 nachhaltig wirksam blieb.

Kippschaltungen dienen im Computer sowohl der logischen Verknüpfung wie als Taktgeber wie als Speicherelement - je nachdem, ob es sich um monostabile, astabile oder bistabile Schaltungen handelt.

"Genaugenommen existieren in der binären Technik zwei Grundsaltungen, die kombinatorische Schaltung und der Speicher, aus denen sich dann alle weiteren ableiten lassen."⁵⁸⁴ Dieses Verhältnis ist gegenseitig: So lassen sich Speicher und kombinatorische Schaltungen mit Bauteilen der jeweils anderen Klasse erzeugen."

583 Diese technologische Archäographie leistet Robert Dennhardt, Die Flipflop-Legende und das Digitale. Eine Vorgeschichte des Digitalcomputers vom Unterbrecherkontakt zur Röhrenelektronik 1837-1945, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009; hier bes. Kapitel 1 "Von elektromagnetischer zu elektronischer Synchronisation", 37-84

584 Horst Völz, Binäre Schaltungen und Mikroprozessoren, in: Nachrichtentechnik, Elektronik 27.8 (1977), 324-327 (324)